

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

**FACULTAD DE INGENIERIAS
CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL
TITULO DE INGENIERO MECANICO
AUTOMOTRIZ**

**ELABORACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE
UNA CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA MARCA
CHEVROLET 4L60-E, CON SIMULACIÓN DEL
FUNCIONAMIENTO Y VISUALIZACIÓN.**

Autores: Carlos Álvarez Cárdenas.
Nicolay Valdiviezo Álvarez.

Director: Ing. Eduardo Pinos

**CUENCA – ECUADOR
2010**

Certifico que bajo mi dirección el proyecto:
"Elaboración de un banco didáctico de una Caja de Cambios Automática marca Chevrolet modelo THM 350, con simulación del funcionamiento en tiempo real y visualización.", fue realizado por los alumnos:
Carlos Álvarez Y Nicolay Valdiviezo.

.

Ing. Eduardo Pinos

Las ideas y criterios expuestos en esta tesis son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Carlos Álvarez

Nicolay Valdiviezo

Agradecimientos

Al Dios quien me dio la vida, esos padres tan maravillosos, y la fortaleza para no desmayar en los momentos espinosos de la vida cotidiana, y agradezco a mis padres que con su apoyo incondicional que hicieron posible la culminación de este trabajo.

Carlos Álvarez C.

Deseo dar las gracias a Dios a quien le debo mi existencia, y en especial a mis padres que me han apoyado siempre en los momentos más difíciles y felices de mi vida, mi gratitud a todos los docentes y autoridades de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la UPS por cumplir diariamente su difícil tarea educativa.

Nicolay Valdiviezo A.

Dedicatoria

Este proyecto lo dedico a mis padres, a mi abuelito Benigno, a mami chica, a mis hermanas Sandra y Fernanda, a mi cuñado y amigo Floresmilo, a mi sobrino Lenin, y a toda mi familia que me han apoyado y comprendido durante mi periodo como estudiante permitiendo de esta manera este logro tan importante en mi vida.

Carlos Álvarez

A mis padres Gonzalo y Anita quienes con su amor y ejemplo diario han sido el pilar fundamental de mi formación.

Nicolay Valdiviezo

INTRODUCCIÓN

En la tesis que presentamos a continuación, consta de una maqueta funcional de una caja de cambios automática THM -350, la misma que se ha dividido en los siguientes cuatro capítulos.

El CAPITULO I, que presenta el desarrollo de la parte teórica explicativa de la caja THM-350, como son las características de la caja automática, funcionamiento, componentes, los trenes de engranajes epiciclo-dales Simpson y luego los circuitos hidráulicos, en las diferentes marchas.

El CAPITULO II, se conoce el diseño, la construcción y el montaje del banco didáctico de la caja de cambios automática, como también el montaje de los sistemas auxiliares de control.

El CAPITULO III, presenta el desarrollo del diseño del programa funcional esquemático de las marchas mediante labview, considerando los parámetros necesarios para la elaboración del mismo.

El CAPITULO IV, presenta las pruebas de funcionamiento, que se realizan en esta maqueta, así como los resultados obtenidos al desarrollar el tema.

INDICE

Certificado	II
Agradecimientos.....	IV
Dedicatoria.....	V
Introducción.....	VI
Índice.....	VII

CAPITULO I

ESTUDIO FUNCIONAL DE LA CAJA AUTOMATICA THM-350 4L60-E

1.1 Transmisión Automática.....	2
1.2 Características de la caja Automática turbo Hidra-matic 4l60-E.....	2
1.2.1 Controles externos de la transmisión.....	3
1.2.2 Características de funcionamiento.....	3
1.3.1 Sección de la caja THM350 4L60-E.....	5
1.3.2 Despiece caja THM350 4L60-E parte externa.....	6
1.3.3 Despiece caja Thm350 4l60-E parte interna	7
1.4 Convertidor de par.....	8
1.4.1 Principio de funcionamiento	8
1.4.2 Partes del convertidor.....	9
1.4.3 Condiciones de operación	10
1.5 Elementos de cambio.....	13
1.5.1 Embrague de discos.....	13
1.5.2 Frenos de discos.....	15
1.5.3 Frenos de cinta.....	15
1.5.4 Engranajes epicicloidales.....	16
1.6 Flujo de potencia del tren de engranajes de la caja thm-350 4l60-E....	18
1.6.1 Park / neutro.....	18
1.6.2 Rango OD/ primera marcha	18
1.6.3 Rango OD/ segunda marcha.....	19
1.6.4 Rango OD/ tercera marcha.....	20
1.6.Rango OD/ supermacha de cuarta.....	21
1.6.6 Inversa.....	21

1.6.7 Rangos manuales 3, 2 y 1.	22
1.7 Sistema de control electrónico de la transmisión 4l60-E.....	23
1.7.1 Señales de entrada de la 4l60 –e.....	25
1.7.2 Señales de salida de la 4l60 e.....	27
1.8 Control del cambio - sistema hidráulico.....	32
1.8.1 Presión del regulador.....	32
1.8.2 Válvula de cambio manual.	32
1.8.3 Circuito hidráulico.	33

CAPITULO II

DISEÑO, ELABORACIÓN Y MONTAJE DEL BANCO DIDÁCTICO DE LA CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA.

2.1 Diseño de la estructura metálica.....	48
2.1.1 Detalles de la estructura.	48
2.2 Cálculos de la estructura	49
2.2.1 Pesos de los elementos de la maqueta.....	49
2.2.2 Características del perfil para la estructura	50
2.2.3 Sección motor y caja.....	52
2.2.4 Sección del radiador.....	53
2.2.5 Sección barras motor 0.....	54
2.2.6 Sección barras motor 1.....	55
2.2.7 Sección barras motor 2.....	56
2.2.8 Sección barra caja.....	58
2.2.9 Sección barra de freno.....	59
2.2.10 Batería.....	60
2.2.11 Sección mesa y palanca.....	61
2.3 Calculo de la viga sometida a mayor esfuerzo.....	63
2.3.1 Barra lateral derecho.....	63
2.3.2 Método de superposición.....	64
2.4 Diagrama de fuerza cortante de la viga.....	71

2.5 Diagrama de momentos de la viga.....	72
2.6 Análisis de la viga con ayuda de un software	73
2.7 Análisis de esfuerzos de la viga.....	77
2.8 Análisis de la columna sometida a mayor esfuerzo.....	79
2.9 Construcción de la estructura.....	83
2.9.1 Adaptación de la caja de cambios al motor de combustión interna.....	84
2.10 Adaptación y montaje de los elementos auxiliares.....	86
2.10.1 Montaje del sistema de frenado del eje de salida de la caja.	86
2.10.2 Sistemas de freno	89
2.10.3 Adecuación del sistema de enfriamiento de la transmisión.	92
2.10.4 Instalación de los sistemas de control y monitoreo	93
2.10.4.1 Instalación del sistema de aceleración del motor.	93
2.10.4.2 Instalación del sensor de revoluciones del motor.	94
2.10.4.3 Instalación del sensor de revoluciones de transmisión.	95
2.10.5. Construcción de la consola para los controles electrónicos, indicadores del motor, palanca selectora de cambios, y el ordenador personal.....	95
2.10.5.1 Instalación de interruptor de encendido del motor e indicadores de sistema de carga del alternador, presión de aceite, y temperatura del motor. ...	97
2.10.6 Adecuación del sistema de alimentación de combustible para el motor de combustión interna.	97

CAPITULO III

DISEÑO DEL PROGRAMA FUNCIONAL ESQUEMATICO DE LAS MARCHAS MEDIANTE LABVIEW

3.1 Análisis de los parámetros para el desarrollo del programa.....	100
3.1.1 Sensores y actuadores.....	102
3.1.2 Sensores.....	102
3.1.3 Actuadores.....	103
3.2 Análisis del diagrama de control de la caja de cambios automática.....	104
3.2.1 Diagrama de control de la caja de cambios automática.....	104

3.3. Parámetros para la elaboración del software.....	108
3.3.1 Parámetros para el funcionamiento de la caja automática.....	108
3.3.2 Activación de la parte mecánica de la caja.....	112
3.3.3 Activación de los relés de accionamiento.....	113
3.3.4 Conector de la caja:.....	114
3.4.1 Programación en labview.....	116
3.4.2 Sistema básico.....	116
3.4.3 Desarrollo del programa.....	117

CAPITULO IV

RESULTADOS Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

4.1 Inspección y verificación de la transmisión automática.....	121
4.2 En el banco didáctico de la transmisión automática.....	121
4.3 Relación de transmisión de los trenes epicicloidales.....	122
4.4 En el cerebro hidráulico.....	124
4.5 En los tableros de control y mando.....	129
4.6 Posiciones de la palanca de cambios de la caja.....	130
4.6.1 Prueba de limitación de cambios.....	130
4.7 Prueba de ahogo del convertidor.....	130
4.8 Verificación de la presión.....	131
 BIBLIOGRAFIA.....	 133
 ANEXOS.....	 134

CAPITULO I

CAPITULO I

ESTUDIO FUNCIONAL DE LA CAJA AUTOMATICA 4L60-E

1.1 TRANSMISION AUTOMATICA

La caja de cambios es la encargada de transmitir el par motor y adaptarlo a las condiciones de carga y marcha del vehículo. En las cajas de cambio automáticas esto se realiza sin necesidad de que el conductor actúe directamente sobre los mecanismos del cambio, si bien el conductor puede intervenir, con distintas actuaciones como: frenar, acelerar, además de la selección de la posición de la palanca de cambio.

1.2 CARACTERISTICAS DE LA CAJA AUTOMATICA TURBO HIDRO-MATIC 4L60-E

Las siglas 4L60-E hace referencia a lo siguiente, el numero 4 indica el número de cambios automáticos posibles, la letra L indica que es para un motor longitudinal al vehículo, el 60 indica la serie aplicable para motores de un determinado cilindraje y la letra E indica que es una caja automática de tipo electrónica, esta caja se muestra en la figura 1.1, está formada por un convertidor hidráulico de par que varía y ajusta de forma automática su par de salida, al par que necesita la transmisión, tiene dos trenes de engranajes epicicloidales con una combinación de ellos que establecen las distintas relaciones del cambio, un mecanismo de mando que selecciona automáticamente las relaciones de los trenes epicicloidales, este sistema de mando es una combinación de tres sistemas: sistema hidráulico, sistema electrónico y sistema mecánico.



Figura 1.1 Caja THM 350- 4l60-E

Esta caja tienen una palanca con las siguientes posiciones en las cuales el conductor pueda seleccionar cualquiera de las siguientes opciones: parking P, reversa R, neutro N, Supermarcha OD, 3ª manual, 2ª manual y 1ª manual como se aprecia en la figura 1.2.

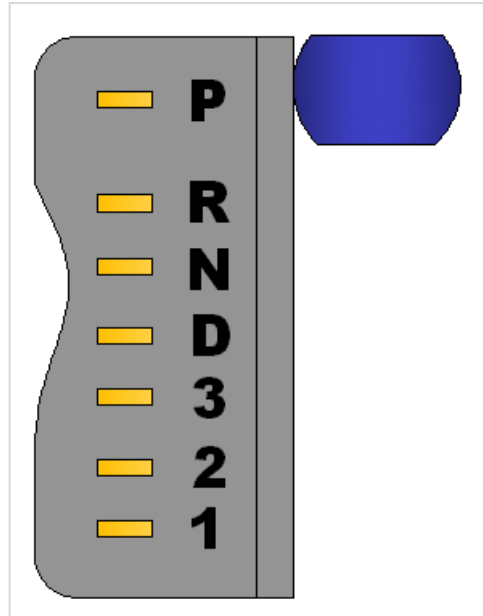


Figura 1.2 Posiciones de la palanca

1.2.1 CONTROLES EXTERNOS DE LA TRANSMISIÓN:

Selección manual del rango: accionado por cable.

Control del sistema de mariposa de gases: conjunto interno de palanca de mariposa de gases accionada por cable.

Regulador montado en el lado izquierdo de la carcasa.

Conector del solenoide del TCC a la carcasa: localizado en la parte izquierda de la carcasa.

Tapón de presión en línea: localizado delantera izquierda de la carcasa.

1.2.2 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO:

OD (SUPERMARCHA):

Este es el rango manual para la mayoría de las condiciones de conducción y para ahorro máximo de combustible. La transmisión arranca en primera y sigue un

esquema normal de cambios 1-2 y 2-3, con el cambio a supermarcha 3-4 retardado para viaje en carretera. La transmisión reduce automáticamente con mariposa de gases cerrada (rodaje libre), 4-3, 3-2 y 2-1. Cuando se rueda libremente en tercera, segunda o marcha corta no hay freno motor. Para mejor rendimiento, se dispone de combinaciones de reducción forzada de reten (3-2, 3-1 y 2-1) dentro de la velocidad del vehículo y rango de par motor apropiados. Para una aceleración controlada moderada, la transmisión proporciona una reducción 4-3 y 3-2 con apertura parcial de la mariposa de gases. El embrague del convertidor se acopla en cuarta marcha si los criterios de acoplamiento han sido satisfechos. En algunos modelos, el embrague del convertidor también puede accionarse en tercera marcha.

MANUAL 3:

En este rango la transmisión es automática hasta la tercera marcha, la cuarta marcha queda totalmente inhabilitada. El rendimiento de los cambios, incluyendo el convertidor de par, es el mismo que en el rango OD para la primera, segunda y tercera marchas. Este debe emplearse para conducción por ciudad o con fuertes vientos de cara, para remolque o en terrenos montañosos o empinados.

2ª MANUAL:

La transmisión anula la tercera y cuarta marchas para mayor rendimiento. La 4L60-E proporciona arranque en segunda marcha que es muy útil para condiciones con carretera resbaladiza. En algunas aplicaciones de la 4L60-E, se produce una reducción a primera marcha con mariposa de gases totalmente abierta y en condiciones de poca velocidad. Si selecciona a gran velocidad (tercera o cuarta marcha), la transmisión cambia inmediatamente a segunda marcha.

1ª MANUAL.

La transmisión queda bloqueada en primera marcha para obtener potencia de arrastre extra y freno motor. La 1ª manual puede seleccionarse a cualquier velocidad del vehículo. La reducción a primera marcha tiene lugar a aproximadamente 48 km/h. Una vez metida la primera, la transmisión normalmente no sube de marcha. En algunos vehículos, el cambio 1-2 está permitido para evitar dañar el motor y la transmisión.

Las aplicaciones de potencia actuales de la 4L60E van desde motores de 2,2L a 4.5L.

1.3.- CONSTITUCIÓN.- la constitución de la caja se puede apreciar en las figuras: figura 1.3, figura 1.4, figura 1.5.

1.3.1 SECCIÓN DE LA CAJA THM 350 4L60-E ¹

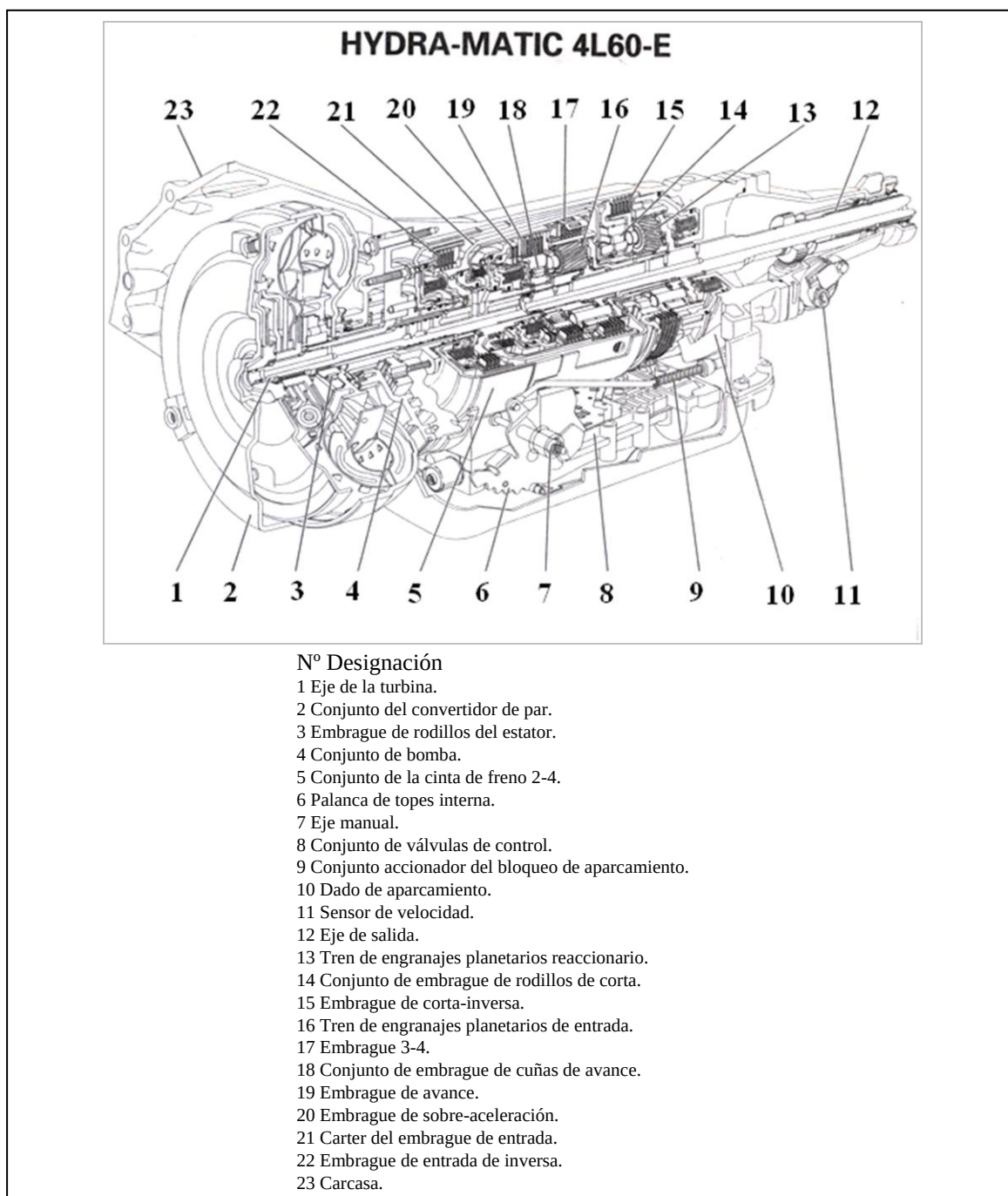


Figura 1.3. Sección de la caja THM350 4L60-Ez

¹ GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p 345-346

1.3.2 DESPIECE CAJA THM 350 4L60-E PARTE EXTERNA ²

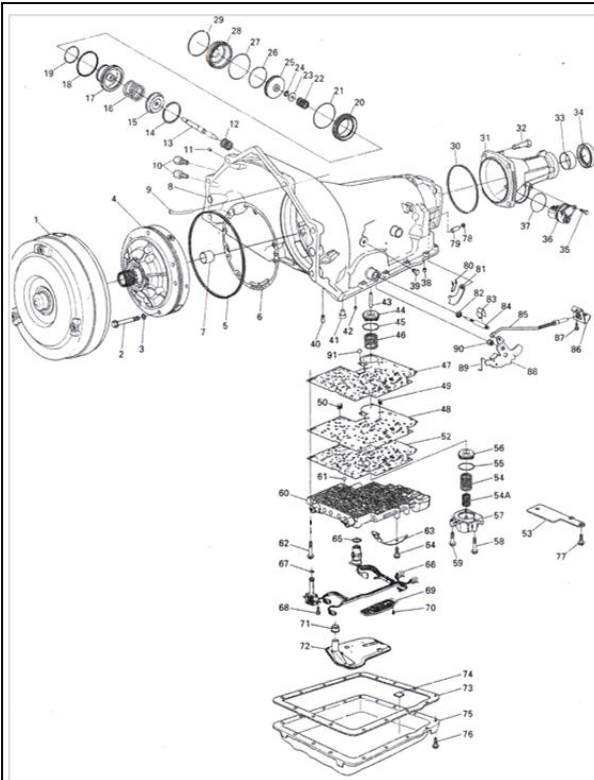


Figura 1.4. Despiece caja THM350 4L60-E parte externa

² GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p 347-348

1.3.3 DESPIECE CAJA THM 350 4L60-E PARTE INTERNA ³

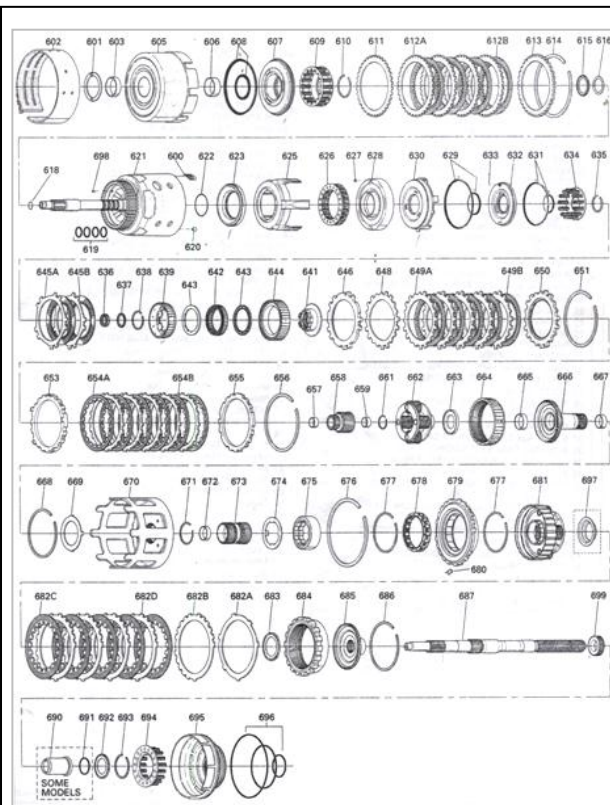


Figura 1.5 Despiece caja THM350 4L60-E parte interna

³ GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p 349-350.

1.4 CONVERTIDOR DE PAR:

Las cajas de cambio automáticas se prescinde del embrague que se usa en las manuales, y su función la realiza ahora un convertidor hidráulico. De este modo, como se verá, el conductor no se encarga de embragar o desembragar como sucede en los cambios manuales.

1.4.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La idea de funcionamiento de un convertidor hidráulico se entiende muy bien si nos imaginamos dos ventiladores enfrentados como en la figura 1.6 ⁴, si conectamos uno de ellos, produce viento que actúa sobre las palas del segundo ventilador y lo hace girar según el sentido de inclinación de sus palas. En este caso se ha producido un acoplamiento fluido entre los dos ventiladores y el fluido utilizado es el aire.

Si reducimos la distancia entre los dos elementos y los ponemos herméticamente cerrados o muy juntos mejoramos la eficiencia de este tipo de acoplamiento.

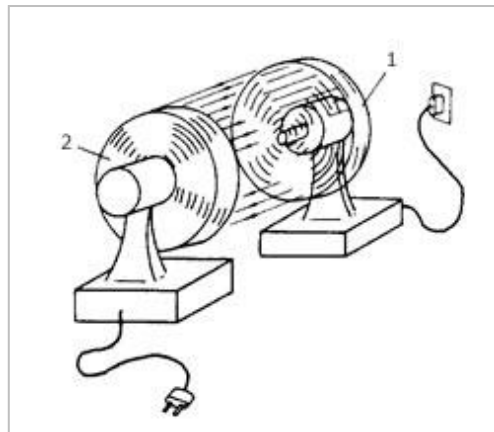


Figura 1.6. Principio de funcionamiento

Basándonos en esta idea cogemos dos elementos, como medias “rosquillas huecas” partidas por la mitad, en cuyo interior haya unas **aletas** con la inclinación adecuada. Las enfrentamos una con otra de forma que “hagan una rosquilla” y llenamos su interior de **aceite**, al hacer girar una de las dos mitades, el aceite también gira transportado por las aletas y al describir este movimiento de rotación, el aceite, por causa de la fuerza se va hacia el exterior lejos del eje, es decir que el aceite se mueve según una banda circular, como se ve en las flechas del dibujo.

⁴Referencia www.trasmisioneship.eed.

De esta manera el aceite que está siendo arrastrado junto con el elemento motriz, penetra en el elemento conducido, (la media rosquilla que tiene en frente) con un ángulo que depende de la inclinación de las paletas, y de este modo el aceite al chocar contra las aletas del conducido con un cierto ángulo de incidencia, le transmite un par.

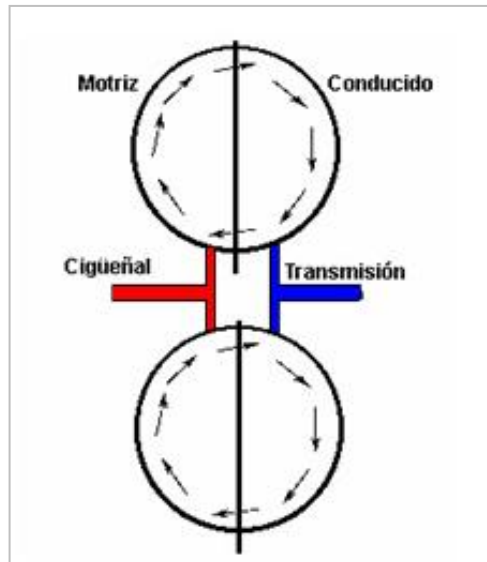


Figura 1.7 Esquema del Embrague Hidráulico.

En principio, cuanto más deprisa gira el elemento motriz respecto al conducido, más fuerte es el impacto del aceite sobre las aletas y por lo tanto transmite un mayor par como muestra la figura 1.7.⁵

1.4.2 PARTES DEL CONVERTIDOR:

Al elemento conductor se le llama **impulsor** o **bomba**, porque es el que recibe el movimiento del motor, al que está unido, e impulsa el aceite contra el conducido.

El elemento conducido se llama **turbina**, y va acoplada a la caja de cambios.

Pero el convertidor de par incluye un tercer elemento que viene a mejorar las condiciones de funcionamiento en la circulación del aceite, se trata del **estator**, **reactor** o **rueda directriz**.

⁵ Referencia www.transmissionship.ecd.

Está montado sobre un mecanismo de rueda libre que le permite desplazarse libremente cuando los elementos del convertidor giran a una velocidad aproximadamente igual.

El aspecto final que presentaría un convertidor de par hidráulico sería como en la figura 1.8.⁶

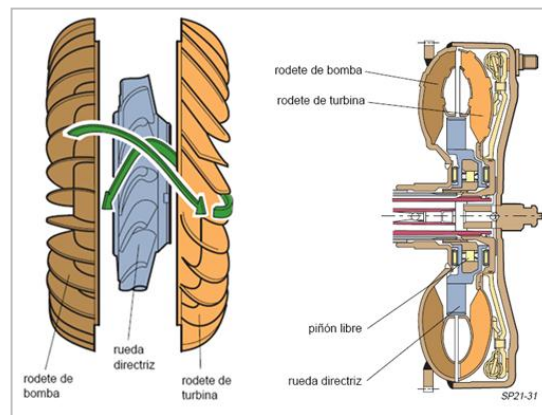


Figura 1.8 Partes del Convertidor Hidráulico.

1.4.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Las condiciones de operación se muestran en la figura 1.9, el conducido, el conductor, y el reactor se involucran directamente en el comportamiento de operación del convertidor hidráulico.⁷

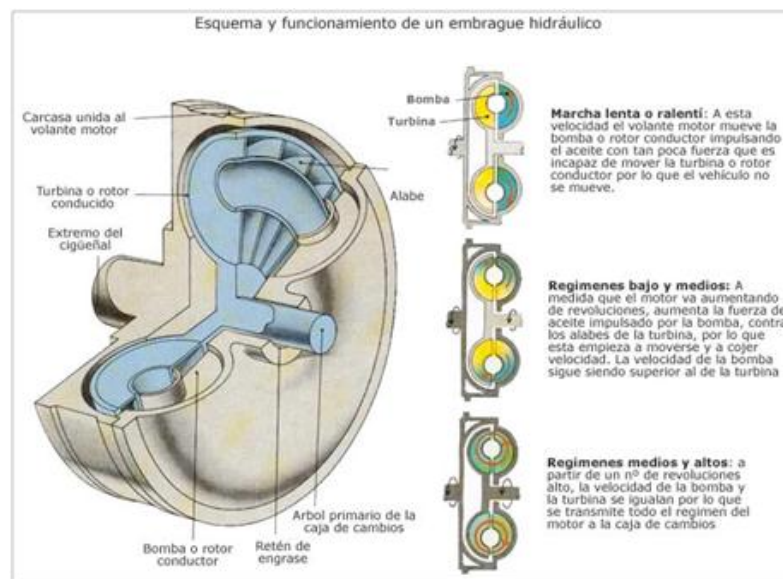


Figura 1.9 Condiciones de operación del Convertidor.

⁶ Y ⁷ www.km77.ec.

EFECTO PROPULSOR

El rodete de bomba es accionado por el motor del vehículo a un número de revoluciones directo.

Por acción de la fuerza centrífuga, el aceite es impelido hacia fuera entre las paletas del rodete de la bomba. En la pared interior de la caja, es conducido al rodete de turbina.

Esta energía cinética la absorben las paletas, las cuales hacen girar el rodete de la turbina. La energía cinética se convierte en movimiento giratorio mecánico. En la proximidad del eje del convertidor, la corriente de aceite refluye ordenadamente al rodete de la bomba a través de las aletas de la rueda directriz. Con ello se cierra el circuito interno de aceite en el convertidor.

AUMENTO DEL PAR MOTOR

En la fase de conversión, el convertidor de par transforma la reducción del número de revoluciones en un aumento del par motor.

En el momento de arrancar el vehículo, al principio sólo gira el rodete de la bomba. La turbina todavía está parada. La diferencia de número de revoluciones designada como resbalamiento es del 100 %.

En la medida en que el aceite cede energía cinética al rodete de turbina, disminuye el resbalamiento. El número de revoluciones de la bomba se aproxima al de la turbina.

El resbalamiento del convertidor representa el criterio necesario de funcionamiento en la conversión del par motor.

En caso de un resbalamiento elevado, el aumento del par motor es máximo, es decir, en caso de una gran diferencia de número de revoluciones entre los rodets de la bomba y de la turbina, la rueda directriz desvía la corriente de aceite.⁸

Por tanto, en la fase de conversión, la rueda directriz actúa haciendo aumentar el par motor.

⁸ Referencia www.km77.ec

Al hacerlo, se apoya en la caja del cambio mediante un piñón libre.

En caso de un resbalamiento bajo, por tanto, si los rodets de la bomba y de la turbina giran aproximadamente al mismo número de revoluciones, la rueda directriz ya no actúa para aumentar el par motor.

En tal caso, gracias al piñón libre, ella gira en el mismo sentido que los rodets de la bomba y de la turbina.

TRANSMISIÓN DE ENERGÍA MEDIANTE LA CORRIENTE DE ACEITE ⁹

Fase de conversión 1

Arranque del vehículo

- El rodete de la turbina está parado.
- El rodete de la bomba gira.
- Corriente de aceite fuertemente desviada.
- Resbalamiento elevado.
- Desmultiplicación hacia lento.
- Aumento máximo del par motor.

Fase de conversión 2

- Aumenta el número de revoluciones de la turbina.
- Se hace "extender" la corriente de aceite.
- Es menor el resbalamiento, disminuye la desmultiplicación.
- Se reduce el aumento del par motor.

Fase de embrague

- El número de revoluciones de la turbina se aproxima al de la bomba. Resbalamiento pequeño, la rueda directriz gira conjuntamente. La relación del par motor se reduce a 1:1. Todavía trabaja como embrague.

⁹ Referencia www.km77.ec

1.5 ELEMENTOS DE CAMBIO

1.5.1 EMBRAGUE DE DISCOS

Cada marcha posee un elemento del cambio, como mínimo, el cual establece el flujo de fuerza mediante fricción. Se utilizan embragues de discos para establecer el flujo de fuerza del eje de turbina al tren epicicloidal.

Poseen discos interiores y exteriores, ambos unidos con piezas rotatorias, como se indica en la figura 1.10. Están encajados unos con otros. Sin accionamiento, hay entre ellos un intersticio y están llenos de aceite, de modo que puedan girar libremente.⁹

El conjunto de discos es comprimido por un émbolo hidráulico, que gira simultáneamente junto con su llenado de aceite, el cual actúa por detrás sobre el émbolo.

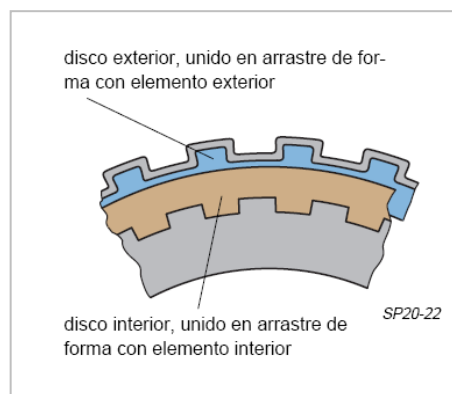


Figura 1.10 Discos de cambio.

Por ello, la alimentación de aceite se efectúa mediante un árbol hueco, figura 1.11 Al desembragar, se descarga el embrague de discos mediante resortes (muelles de compresión, también muelles de platillo).¹⁰

Unas válvulas de bola (en parte en el émbolo y, en parte, en el portadiscos) se encargan de que, sin accionamiento, se elimine rápidamente la presión y pueda salir el aceite.

Los portadiscos, tanto en el elemento interior como en el exterior, alojan los discos mediante salientes como en la figura 1.12, resultando una unión en arrastre de forma.

¹⁰ www.km77.ec.

Los discos exteriores son de acero.

Los discos interiores son de plástico altamente resistente.

Cumplen al mismo tiempo la función del forro de fricción.

La armazón de apoyo es de celulosa.

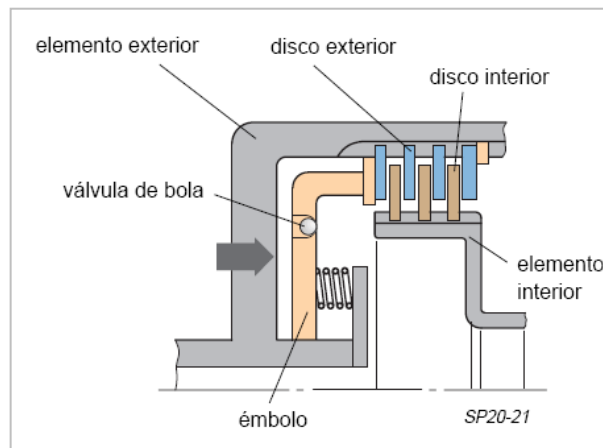


Figura 1.11 Esquema de acoplamiento de los discos.

La resistencia a temperaturas elevadas se consigue mediante un aditamento de fibras de aramida, material plástico de alta resistencia.

A fin de influir sobre el valor de fricción se añaden minerales para unir la resina fenólica.

El número de discos varía mucho según la ejecución del cambio.

El juego entre los discos es de importancia para el funcionamiento del acoplamiento automático de las marchas y está predeterminado en el diseño.

Se ajusta por separado al efectuar el montaje.

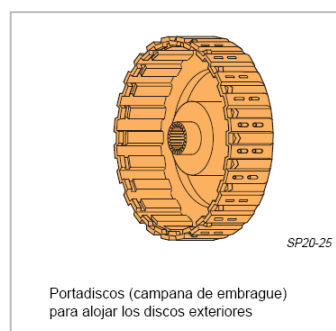


Figura 1.12 Portadiscos.

1.5.2 FRENOS DE DISCOS

Los frenos de discos se utilizan para retener un elemento del tren epicycloidal. Son similares a los embragues de discos y poseen asimismo discos interiores y exteriores como indica la figura 1.13.

Los discos interiores también están unidos con el elemento giratorio mediante salientes, mientras que los discos exteriores están fijos, apoyados en la caja del cambio.¹¹

En la activación, un émbolo hidráulico comprime el conjunto de discos.

Al contrario del embrague de discos, el émbolo hidráulico se encuentra fijo.

También en el freno de discos es de importancia el juego entre los discos para un funcionamiento perfecto del acoplamiento de marchas, por lo que se ajusta por separado.

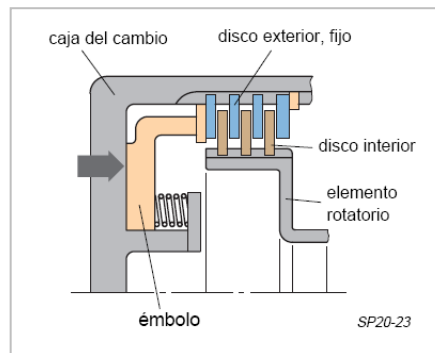


Figura 1.13. Freno de discos.

1.5.3 FRENOS DE CINTA

Otra posibilidad de diseño para retener los elementos de un juego de planetarios lo ofrece el freno de cinta. La forma exterior del árbol es similar a la de un tambor de freno.

Como elemento de freno, una cinta de acero como muestra la figura 1.14, abraza estrechamente el tambor de freno, el cual se mueve libremente en estado inactivo.

La cinta de freno se apoya en un extremo contra la caja del cambio.

¹¹ www.km77.ec.

Al tener lugar la activación hidráulica, en el otro extremo actúa la fuerza del émbolo y frena el tambor hasta la parada.

Una desventaja del freno de cinta es que sobre la caja del cambio actúan grandes fuerzas radiales.¹²

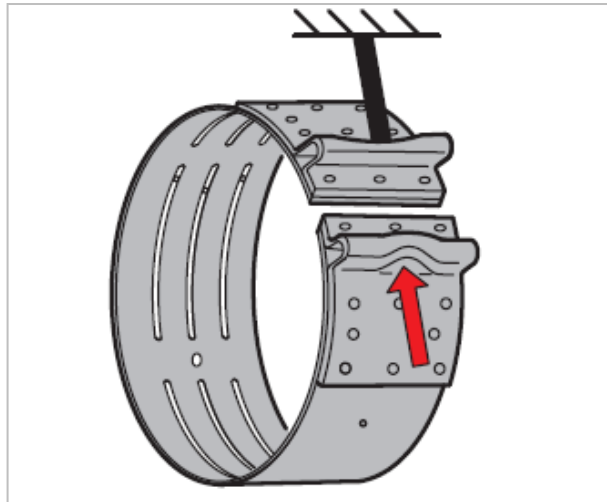


Figura 1.14 Cinta de freno.

En la caja **THM350 4L60-E** los elementos de cambio son los siguientes:

Refiérase a las Figura 1.3, 1.5, 1.11 de este capítulo:

Una cinta de frena: cinta 2-4.

Cinco embragues multidisco: entrada inversa, sobre-aceleración, avance 3-4, corta/inversa

Dos embragues unidireccionales: de cuñas de avance, y de rodillos de corta.

1.5.4 ENGRANAJES EPICICLOIDALES

El principio en que se basa la caja de cambios automática para obtener diferentes relaciones de transmisión es un **sistema planetario de engranajes**.

Este sistema consiste en una **corona** exterior 4, piñones **satélites** 2, cuyos ejes van montados en un soporte 3, y un engranaje **planetario** central 1. Se le da este nombre de sistema planetario por su similitud con los planetas del sistema solar que tienen un movimiento de rotación y otro de traslación alrededor del Sol como en la figura 1.15.

¹² www.km77.ec.

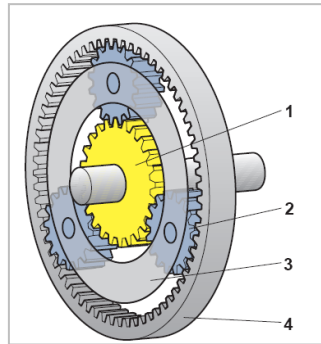


Figura 1.15 Tren Epicloide

El funcionamiento del sistema es el siguiente, cuando se mantiene fijo uno de los tres miembros, y hay otro que gira se producen una serie de situaciones según sobre que elemento actuemos, las distintas posibilidades se presenta en la tabla 1.1.¹³

D - Impulsado

L - Reducción de velocidad

H - Fijo

R - Inversión del sentido de marcha

I - Incremento de velocidad

T – Motriz

Situaciones	1	2	3	4	5	6
Corona	D	T	H	H	T	D
Soporte	T	D	D	T	H	H
Planetario	H	H	T	D	D	T
Velocidad	I	L	L	I	I/R	L/R

Tabla 1.1 Situaciones del tren epicloide.

Como vemos, fijando uno de los elementos del sistema planetario de engranajes puede obtenerse una reducción de velocidad, una multiplicación (según el elemento que se fije), o una inversión del sentido de giro (marcha atrás, si el soporte de los piñones planetarios se mantiene estacionario y se hace girar la corona o el engranaje planetario central, aquellos actúan como piñones inversores locos), y también si se bloquean dos elementos contiguos del conjunto obtendríamos una relación directa.

¹³ www.generalmotors.org.

1.6 FLUJO DE POTENCIA DEL TREN DE ENGRANAJES DE LA CAJA THM-350 4L60E

La configuración del sistema de engranajes planetarios en esta caja es el siguiente:

Dos trenes de engranajes planetarios simples integrados: tren de entrada y tren de reacción como se aprecia en la figura 1.16.

Los piñones planetarios son independientes entre sí y la corona del tren de entrada y el portasatélites de reacción van acoplados entre sí. El cárter de entrada contiene los embragues de avance 3-4 y de sobre-aceleración. El cubo de accionamiento del embrague de entrada de inversa también forma parte del cárter de entrada. Siempre que se accione el embrague de entrada de inversa, el cárter de entrada transmite par de transmisión de entrada a través del embrague¹⁴

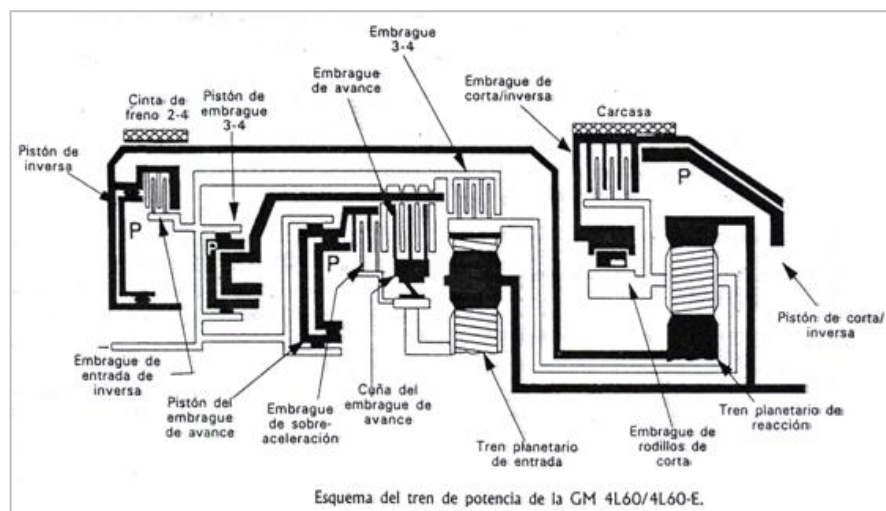


Figura 1.16 Flujo de Potencia del Tren De engranajes de La Caja Thm-350 4l60e

1.6.1 PARK/ NEUTRO

Los embragues de accionamiento no se accionan y no hay entrada en la unidad planetaria.

1.6.2 RANGO OD/ PRIMERA MARCHA

El rango de primera marcha se aprecia en la figura 1.17:

El embrague de avance se acciona y conduce el piñón planetario de entrada a través del embrague de cuñas de avance.

¹⁴ Referencia www.generalmotors.org.

El embrague de cuñas de avance retiene.

El embrague de rodillos de corta es efectivo y retiene la corona.

La primera marcha es una función del tren planetario (delantero) de entrada y proporciona una **relación de transmisión de 3,06:1**¹⁵

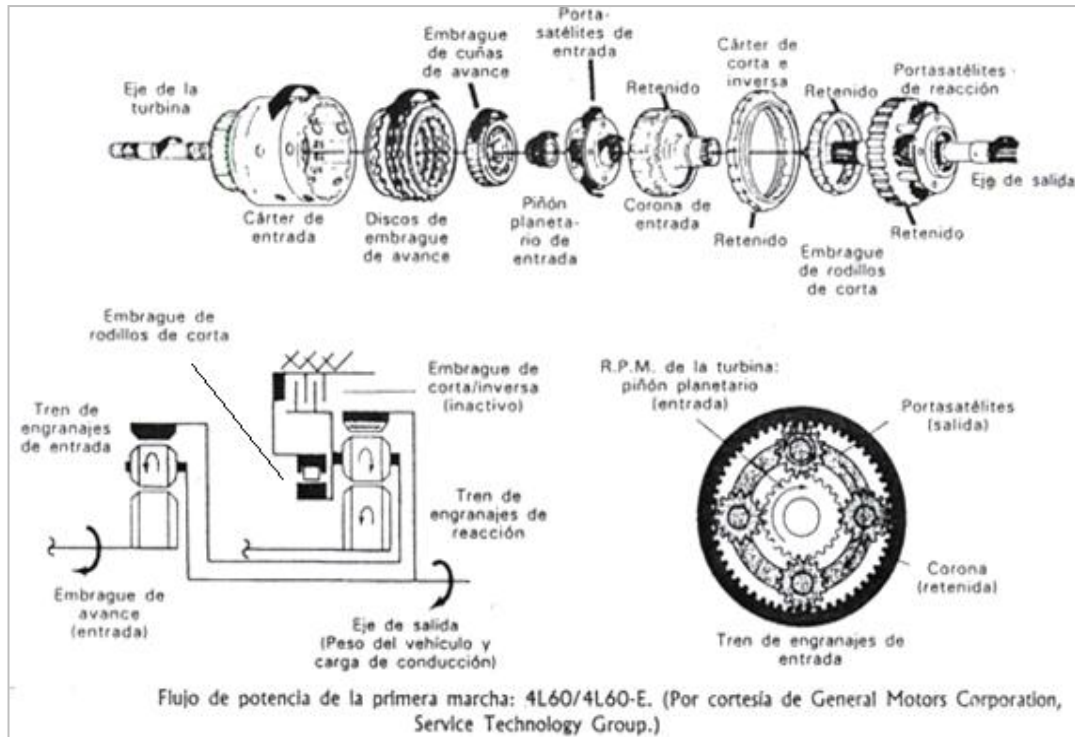


Figura 1.17 Primera marcha

1.6.3 RANGO OD/ SEGUNDA MARCHA

El rango de segunda marcha se aprecia en la figura 1.18:

El embrague de avance se acciona y conduce el piñón planetario de entrada a través del embrague de cuñas de avance,

El embrague de cuñas de avance es efectivo.

La cinta de freno 2-4 se acciona y retiene el piñón planetario de reacción.

El embrague de rodillos de corta rueda libremente y es inefectivo.

La segunda marcha es una función combinada de las unidades planetarias de entrada y de reacción, y proporciona una **relación de transmisión compuesta de 1,63:1**.

¹⁵ Referencia www.generalmotors.org.

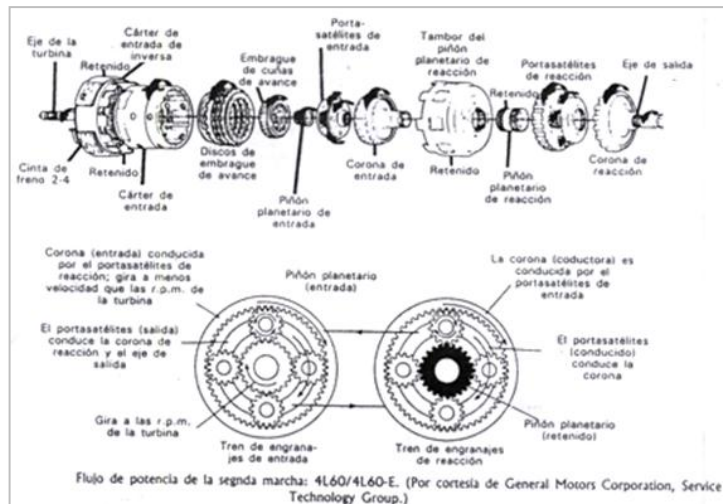


Figura 1.18 Segunda marcha

1.6.4 RANGO OD: TERCERA MARCHA

El rango de tercera marcha se aprecia en la figura 1.19:

El embrague de avance se acciona y conduce el piñón planetario a través del embrague de cuñas de avance.

El embrague de cuñas de avance retiene.

El embrague 3-4 se acciona y conduce la corona de entrada.

El embrague de rodillos de corta rueda libremente y es inefectivo

La tercera marcha se obtiene bloqueando entre si las unidades planetarias de entrada reaccionaria para obtener una **relación de transmisión directa (1:1)**¹⁶

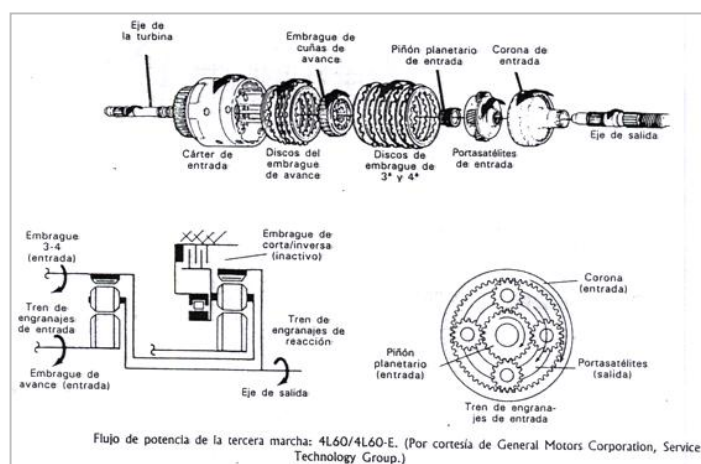


Figura 1.19 Tercera marcha

¹⁶ Referencia www.generalmotors.org.

1.6.5 RANGO OD: SUPERMACHA DE CUARTA

El rango de OD supermarcha se aprecia en la figura 1.20:

El embrague de avance se acciona pero no transmite el par de transmisión.

El embrague de cuñas de avance rueda libremente y es inefectivo.

La cinta de freno 2-4 se acciona y retiene el piñón planetario de reacción.

El embrague 3-4 se acciona y conduce la corona delantera y el portasatélites de reacción.

El embrague de rodillo de corta rueda libremente y es inefectivo.

La supermarcha es una función de la unidad planetaria de reacción y proporciona una **relación de transmisión de 0,70:1.**¹⁷

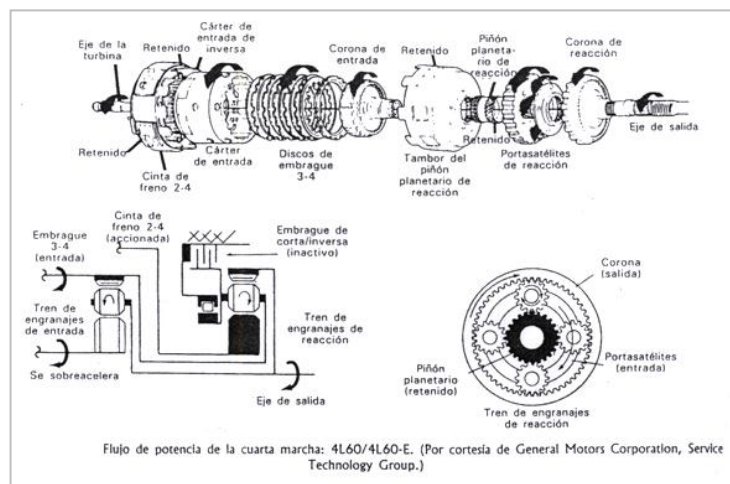


Figura 1.20 Supermarcha

1.6.6 INVERSA

El rango de inversa se aprecia en la figura 1.21:

El embrague de entrada de inversa se acciona y conduce el piñón planetario de reacción.

El embrague de corta/inversa se acciona y retiene el portasatélites de reacción.

El embrague de cuñas de entrada y de rodillos de Corta no retiene.

¹⁷ Referencia www.generalmotors.org.

La inversa es una función de la unidad planetaria de reacción y proporciona una **relación de transmisión de 2,30:1**

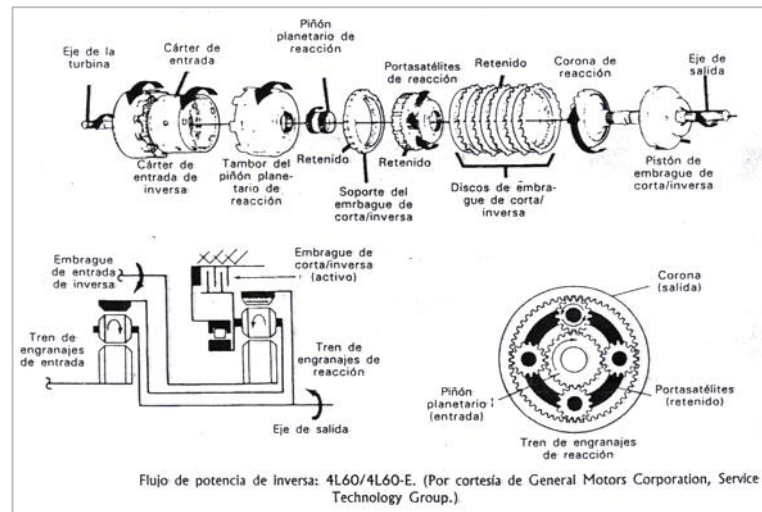


Figura 1.21 Inversa

1.6.7 RANGOS MANUALES 3, 2 y 1.

Los flujos de potencia de estos rangos manuales son idénticos a los flujos de potencia del rango OD. El acoplamiento del embrague de sobre-aceleración se añade para proporcionar freno motor durante rodaje libre/desaceleración. La desaceleración del vehículo hace que el piñón planetario de entrada gire más deprisa que la entrada de transmisión del embrague de avance, haciendo que el embrague de cuñas de avance, gire libremente. El embrague de sobre-aceleración mantiene bloqueados el piñón planetario de entrada y la pista de rodadura interna del embrague de cuñas al cárter de entrada y al flujo de potencia.

En 1ª manual, el embrague de corta/inversa también se acciona para mantener bloqueado el portasatélites de reacción a la carcasa. De otro modo, la acción de rueda libre del embrague de rodillos de corta neutralizaría el flujo de potencia.

La figura 1.22 resume los rangos operativos de la 4L60-E y las combinaciones de embragues/cintas de freno para controlar el tren de engranajes.¹⁸

¹⁸ Referencia www.generalmotors.org.

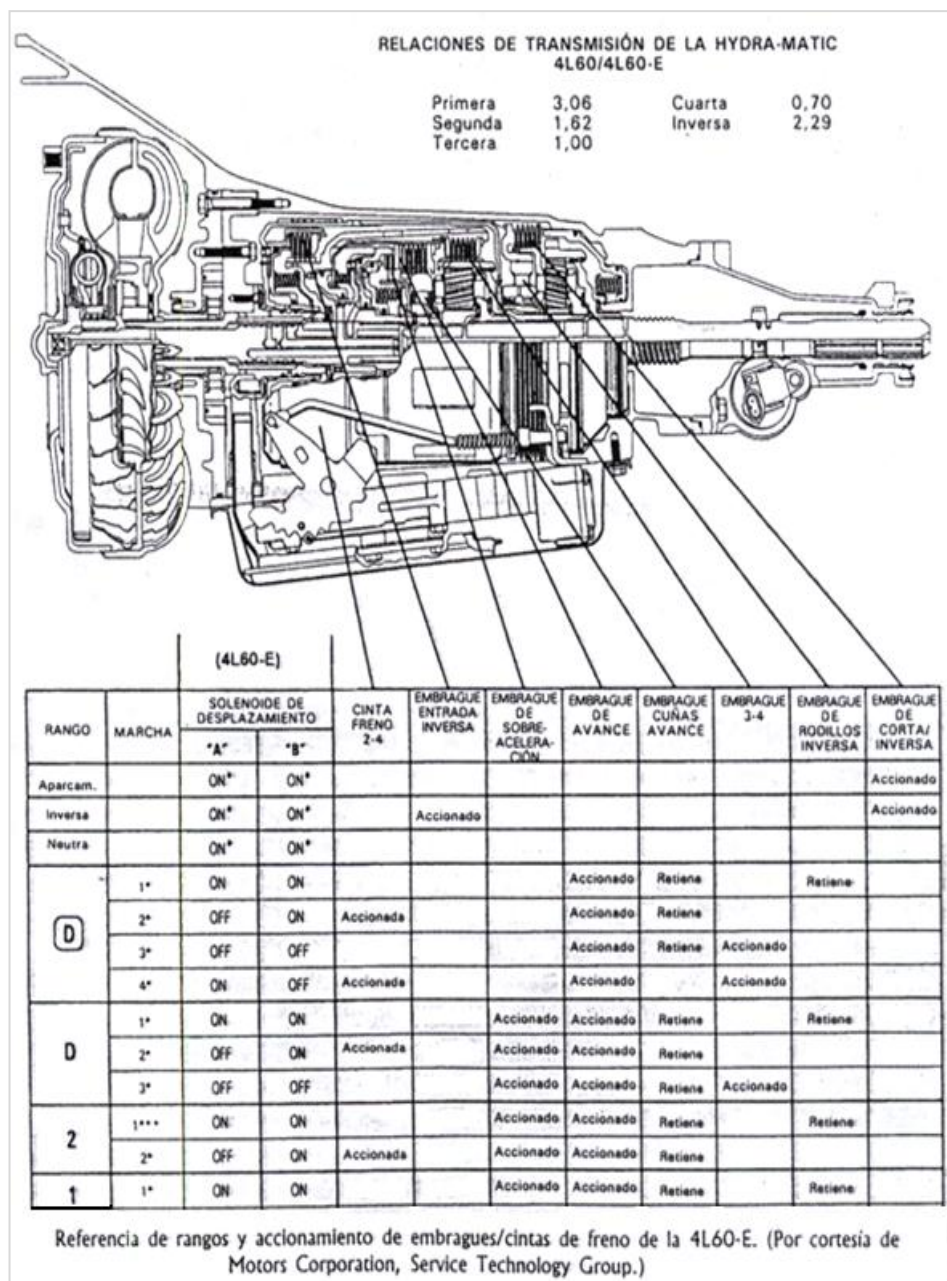


Figura 1.22 Rangos de accionamiento de embragues y cinta de freno.

1.7 SISTEMA DE CONTROL ELECTRONICO DE LA TRANSMISION 4L60-E

En la figura 1.23 se identifica las entradas y salidas de la 4L60-E, muchas de las entradas van montadas dentro o sobre la transmisión. Todos los dispositivos de salida excepto el conector de enlace de datos (DLC), se encuentran localizados dentro de la transmisión como indica la figura 1.24.¹⁹

¹⁹ Referencia www.generalmotors.org.

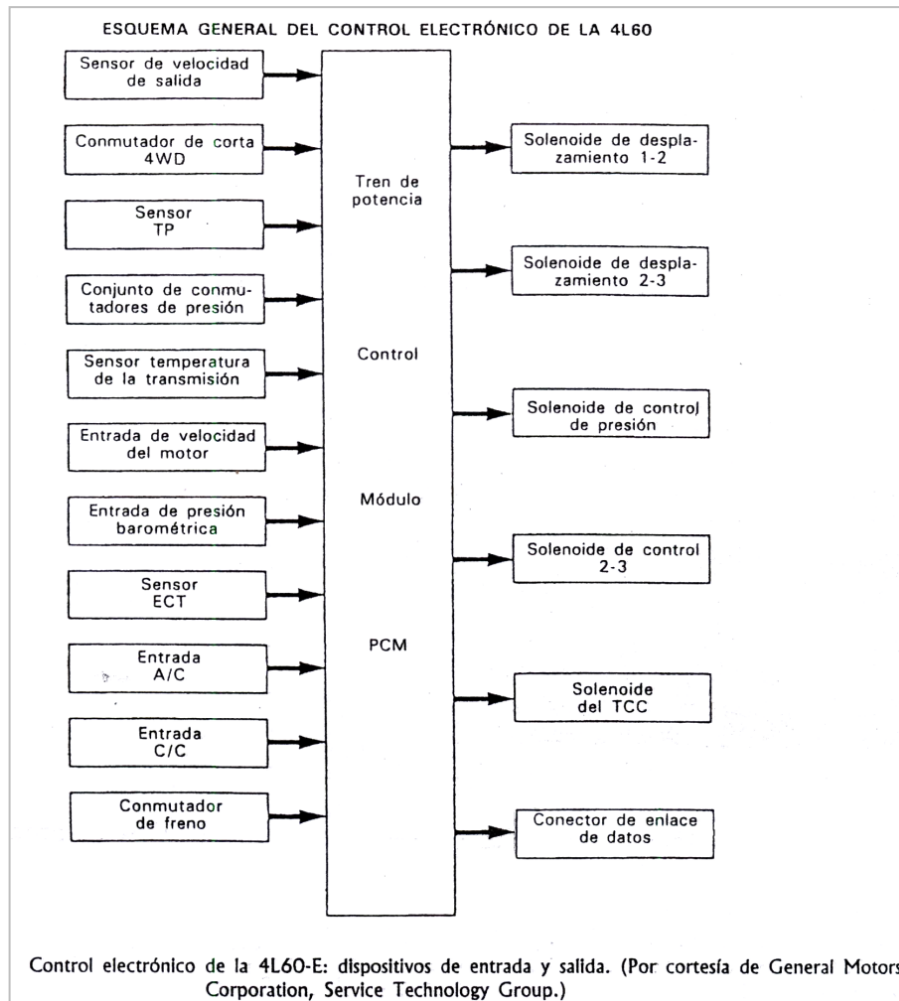


Figura 1.23 Control electrónico 4L60-E

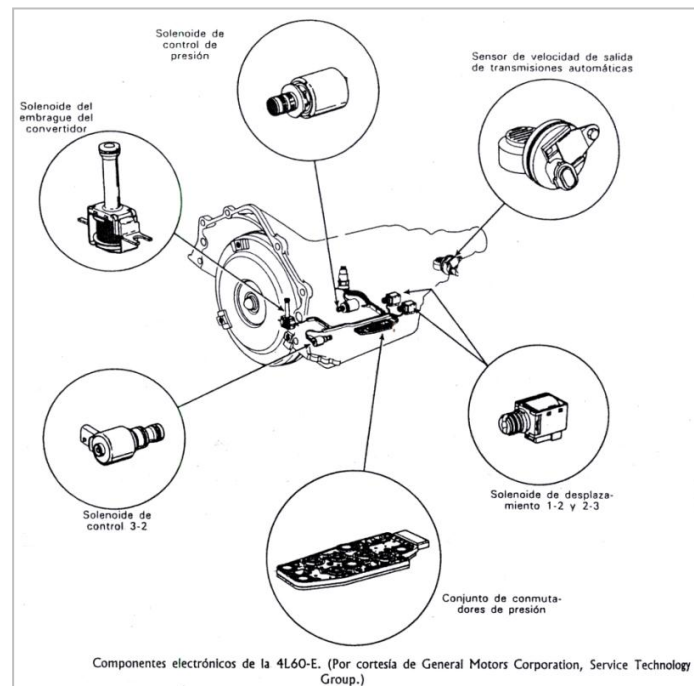


Figura 1.24 Componentes electrónico de la 4L60-E

1.7.1 SEÑALES DE ENTRADA DE LA 4L60 -E

SENSOR DE VELOCIDAD DE SALIDA (OSS/VSS):

Atraves de la generación de impulsos el sensor (OSS/VSS) informa al PCM de la velocidad del eje de salida de la transmisión y de la velocidad del vehículo, el sensor se utiliza para controlar los puntos de cambio y calcular el resbalamiento del TCC Figura 1.25.

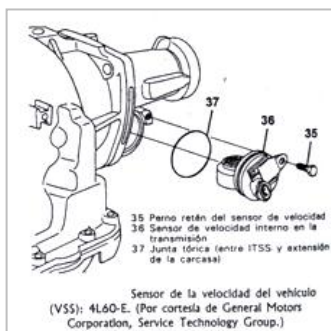


Figura 1.25 Sensor de velocidad

MONTAJE DE CONMUTADORES DE PRESIÓN DEL ACEITE DE LA TRANSMISIÓN (PSA):

El PSA emplea cinco conmutadores de presión para informa al PCM del rango de marchas que se ha seleccionado y se ha activado hidráulicamente como en las figuras, figura 1.24, figura 1.26. Cada rango de marchas utiliza una combinación diferente de conmutadores cerrados, figura 1.26. El PCM controla tres líneas de señales. La tensión en cada una de las líneas de señal es 12V o cero.²⁰

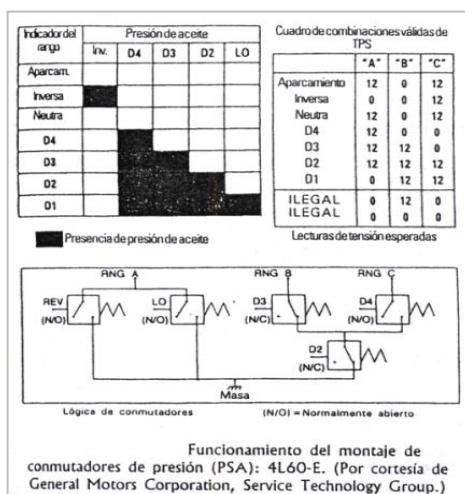


Figura 1.26 Conmutadores de presión de aceite

²⁰ www.generalmotors.org.

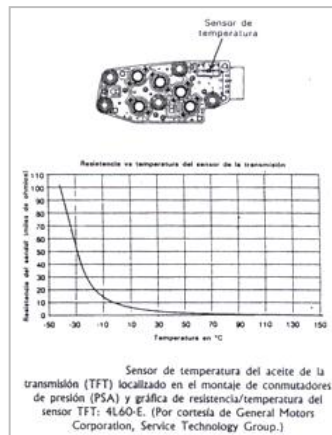


Figura 1.27 Sensor de temperatura

SENSOR DE LA TEMPERATURA DEL ACEITE DE LA TRANSMISIÓN (TFT):

El sensor TFT se utiliza como ayuda para controlar la aplicación del TCC y para la calidad de cambio de marcha. La figura 1.27 muestra el sensor térmico/ termistor TFT localizado en el PSA. También aparece la caída de resistencia cuando se eleva la temperatura.

ENTRADA DE VELOCIDAD DEL MOTOR:

El PCM emplea las r.p.m. del motor para controlar la transmisión. En la 4L60-E, la velocidad está determinada por la bobina de captación del modulo de encendido.

SENSOR DE POSICIÓN DE MARIPOSA DE GASES TP:

Este mide la cantidad de apertura de la placa de mariposa de gases e indica la carga del motor.

CONMUTADOR DE FRENO:

El conmutador de freno normalmente está cerrado cuando se suelta el pedal de freno. Cuando se pisa el pedal, el conmutador se abre e interrumpe la señal eléctrica que va al PCM para el control de la transmisión.

SENSOR DE ENTRADA BAROMÉTRICA/ PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTOR (MAP):

La medida de la presión barométrica la realiza el sensor MAP antes del funcionamiento del motor. El PCM utiliza la señal para el control del motor y la transmisión.

ENTRADA DE AIRE ACONDICIONADO:

La señal del embrague del compresor de aire acondicionado es identificada por el control de la transmisión. Cuando el embrague del aire acondicionado esta activo, hay menor par motor disponible para el eje de entrada de la transmisión.

ENTRADA DEL RÉGIMEN DE CRUCERO:

Una señal procedente del modulo de régimen de cruce informa al PCM de que el conductor ha seleccionado el control de cruce. El PCM modifica la estrategia de esquemas de cambios para reducir el número de cambios de marcha.

Conmutador de corta 4WD: Este conmutador informa al PCM de que el conductor ha cambiado a marcha corta con la palanca de la caja de transferencia. La señal se utiliza para modificar la señal del sensor de velocidad de salida y responder a la reducción de marcha que está teniendo lugar.

1.7.2 SEÑALES DE SALIDA DE LA 4L60 E

SOLENOIDES DE CAMBIO 1-2 y 2-3 como indica la figura 1.29.

Los solenoides de cambio 1-2 y 2-3 controlan el movimiento de las válvulas de control, obsérvese donde se encuentra en la figura 1.29, el solenoide 1-2 (A) se sitúa al final de la válvula de desplazamiento 1-2(nº 366) y el solenoide 2-3 (B) está al final del tren de válvulas 2-3 (nº 368/nº369). Cuando los solenoides están inactivos, la presión de aceite puede desarrollarse y las válvulas se mueven hacia la derecha.

Los solenoides de cambio se activan y desactivan en cuatro combinaciones para producir el movimiento de las válvulas necesario para engranar las cuatro marchas hacia adelante figura 1.28 y tabla 1.2.

La temporización del las subidas de marchas las reducciones está controlado por el PCM. Las siguientes entradas influyen en el proceso de toma de decisiones del PCM para controlar los solenoides de cambio: el sensor de velocidad, el conmutador de 4WD, el Sensor TP, PSA, el sensor TFT, la lectura de presión barométrica y la señal de control cruce.

SOLENOIDES DE CONTROL DE PRESIÓN (PCS) Figura 1.32:

Adosado al cuerpo de válvulas figura 1.29, el PCS figura 1.30 controla la presión de línea moviendo su válvula de regulación interna contra la presión de un muelle figura 1.31. El aceite que se deja pasar por el PCS actúa sobre la válvula de refuerzo en la base de la válvula de regulación de presión principal.

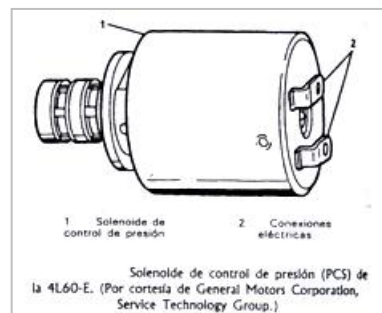


Figura 1.30 Solenoide de presión

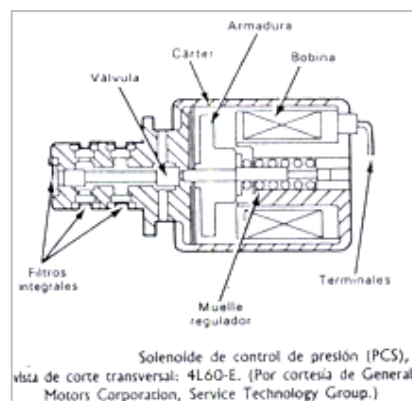


Figura 1.31 Parte interna del solenoide de presión

El PCM varía la presión en línea en respuesta a la carga del motor. Variando el amperaje de entrada al PCS se altera la presión en línea. Un bajo amperaje, de 0,5 amperios, produce alta presión, mientras que un incremento de 1,1 amperios hace que el PCS proporcione baja presión. El solenoide funciona de acuerdo con un factor de trabajo y en respuesta a la cantidad de flujo de corriente.

El PCM determina la cantidad de amperaje que se ha de mandar al PCS para controlar la calidad de cambios. El sensor TP es un factor importante en lógica de este circuito.

Las entradas que influyen el proceso de toma de decisiones del PC para la calidad de cambios son el sensor de velocidad de salida, el conmutador de corta 4WD, el sensor

TP, PSA, el sensor TFT, la lectura de presión barométrica y la señal de aire acondicionado.

SOLENOIDE DE CONTROL 3-2

Este solenoide como muestra la figura 1.32 con un factor de trabajo es responsable de controlar la reducción 3-2. Montado sobre el cuerpo de válvulas, regula la temporización y la liberación del embrague 3-4 y la aplicación de la cinta de freno 2-4.

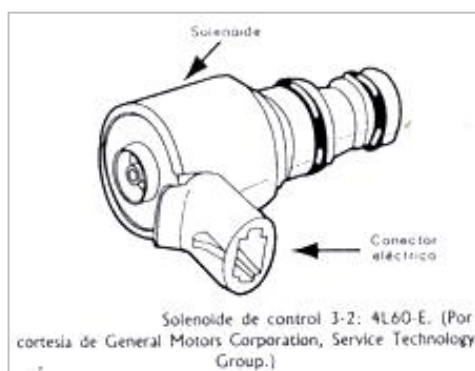


Figura 1.32 Solenoide 3-2

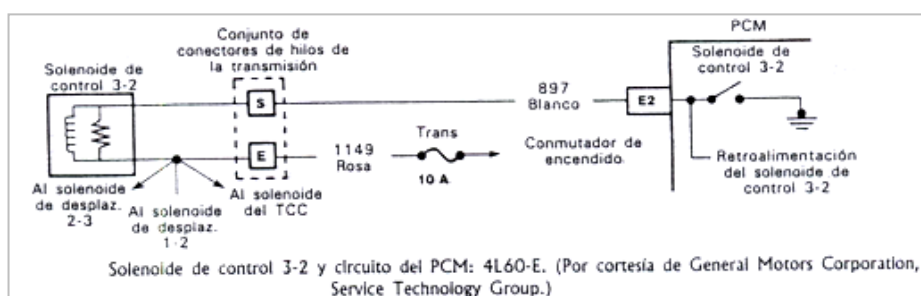


Figura 1.33 Conexión del Solenoide 3-2

Al igual que otros solenoides de la 4L60-E, el PCM controla el circuito de solenoides a través de la conmutación en el lado de la masa como en la figura 1.33. Las tres entradas que usa el PCM para regular el factor de trabajo del solenoide de control 3-2 son la del sensor de velocidad de Salida, el sensor TFT y la señal de aire acondicionado.²¹

SOLENOIDE DEL EMBRAGUE DEL CONVERTIDOR DE PAR (TCC)

La Figura 1.34 muestra el solenoide del TCC funciona como una válvula de descarga de presión cuando se desenergiza, Cuando el PCM le ordena que se active,

²¹ www.generalmotors.org.

el solenoide del TCC deja de liberar aceite de señal del convertidor y permite que se cree presión en contra de la válvula de aplicación del embrague del convertidor. La válvula del convertidor se reposiciona y el embrague del convertidor se acopla.

El PCM evalúa muchas entradas para la aplicación del solenoide del TCC. Entre ellas se incluye la del sensor de velocidad de salida, el conmutador de corta de 4WD, PSA, el sensor TFT, la señal de velocidad del motor, la lectura de presión barométrica, la señal de aire acondicionado y el conmutador de freno.

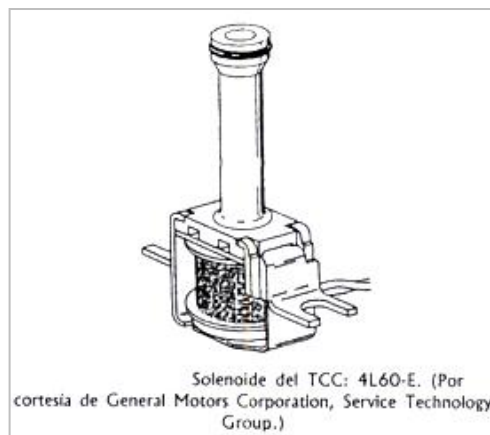


Figura 1.34 Solenoide TCC

CONECTOR DE ENLACE DE DATOS (DLC):

El DLC que aparece en la figura 1.35 se encuentra localizado en el compartimiento del conductor bajo la parte izquierda del panel de instrumentos. Mediante este punto de unión, se puede conectar una herramienta de exploración para leer los datos en serie del PCM y los códigos de diagnostico de averías (DTC).

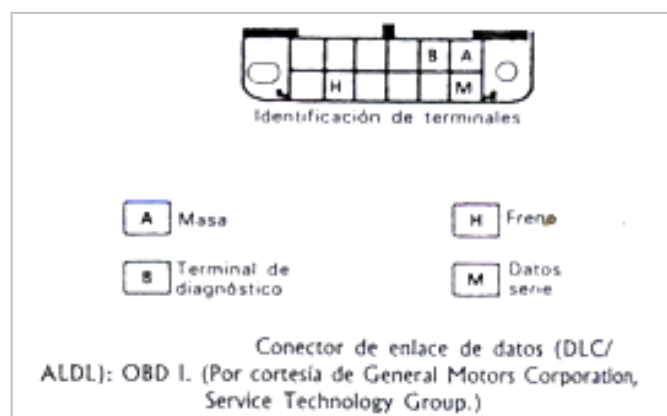


Figura 1.35 Conector de enlace de datos

1.8 CONTROL DEL CAMBIO - SISTEMA HIDRAULICO

Ahora que ya sabemos el mecanismo por el cual se efectúa el cambio pasamos a conocer el mecanismo de control del cambio del sistema hidráulico, pues el cambio de una marcha a otra tiene que estar controlado para que sólo se efectúe en las condiciones adecuadas.

Hay dos factores principales a controlar: **Velocidad del coche** y abertura del paso de combustible (posición de la **mariposa**).

Estos dos factores producen dos presiones de aceite diferentes que actúan contra extremos opuestos de la válvula de cambio. Una presión procede del **regulador** y depende de la **velocidad del coche**. La otra viene de la válvula moduladora y está mandada por el colector de entrada de vacío.

1.8.1 PRESIÓN DEL REGULADOR.

El regulador tiene un rotor movido por el eje de de la caja de cambios. En el interior de la carcasa hay una válvula reguladora, sobre la cual actúan dos fuerzas opuestas, la fuerza centrífuga debida a la rotación y presión de la bomba de aceite.

Cuando el coche va a baja velocidad también va a baja velocidad el regulador, la válvula se sitúa cerca del centro de la carcasa, dejando pasar sólo una presión de aceite pequeña. Cuando la velocidad del coche aumente, la carcasa del regulador gira más rápidamente, lo cual hace que la fuerza centrífuga se incremente, desplazando la válvula hacia el exterior. De manera que la presión de aceite que pasa al extremo de la válvula de cambio es más elevada.

1.8.2 VÁLVULA DE CAMBIO MANUAL.

Esta válvula está controlada por el conductor mediante el movimiento de una palanca de cambios situada en la barra de dirección o en la consola. Cuando la válvula manual se desplaza, abre y cierra varias líneas que llevan aceite a presión a las válvulas de la caja de cambios.

Es fundamental utilizar el fluido para la caja de cambios recomendado por el fabricante pues el empleo de otro distinto puede modificar las condiciones de trabajo de la caja de cambios y originar averías.

1.8.3 CIRCUITO HIDRÁULICO.

Es la parte que se encarga de “dirigir” todas las operaciones, funciona por un complejo sistema de válvulas y circuitos hidráulicos con varias presiones. Tiene un laberinto de circuitos labrados, que van controlados por válvulas. Las principales son:

- Válvula manual: Impide o permite el paso del aceite a la presión de línea. Selecciona marcha hacia adelante o hacia atrás.
- Válvulas de secuencia: Seleccionan las velocidades.
- Válvula de progresividad del acumulador: Es la responsable que se produzca el cambio de velocidades sin cambios bruscos.
- Válvulas de modulación de presión: Regula la presión de línea.
- Otras válvulas, además de las anteriores hay otras válvulas como pueden ser las limitadoras de presión, de corte, limitadora de presión en línea.

El **sistema de mando hidráulico** tiene cuatro funciones:

- Sistema de creación de presión: la bomba suministra presión a todos los mandos hidráulicos y al embrague.
- Válvula de regulación de presión: la válvula reguladora de presión controla la presión principal a un valor que depende de su autorregulación y las rpm. Esta válvula centrífuga regula en función de la velocidad del vehículo.
- Válvula de control del circuito: Esta válvula manual permite introducir las diferentes velocidades a voluntad del conductor.
- Embragues, servos y acumulador de presión: los embragues y el servo son desplazados hidráulicamente para accionar los cambios y el acumulador de presión es el encargado de amortiguar los cambios.

Sistemas hidráulicos de la transmisión automática THM 350 4L60-E, cortesía de General Motors Company:

Las siguientes figuras que se encuentran a continuación indican esquemáticamente el cerebro hidráulico de la caja, cada uno de los circuitos hidráulicos que se dan para los cambios.

Neutral (Figura 1.36).

Park (Figura 1.37).

Reverse (Figura 1.38).

Overdrive range: first gear, second gear, third gear, fourth gear (Figura 1.39a a la 1.39d).

Downshift range: 4-3, 3-2, 2-1 (Figura 1.40a a la 1.40c).

Manual third (Figura 1.41).

Manual second (Figura 1.42).

Manual first (Figura 1.43).

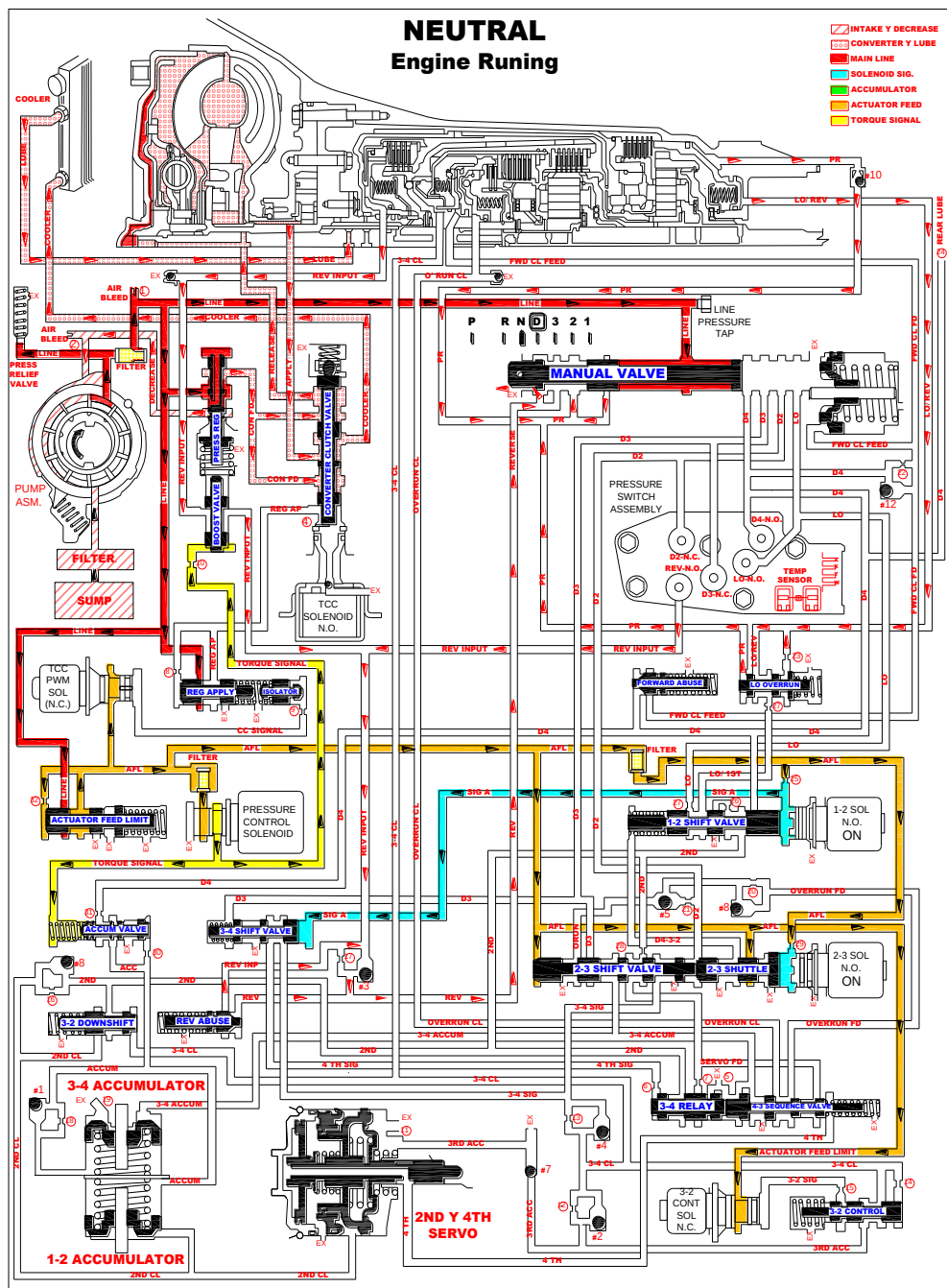


Figura 1.36 Circuito Hidráulico Neutro

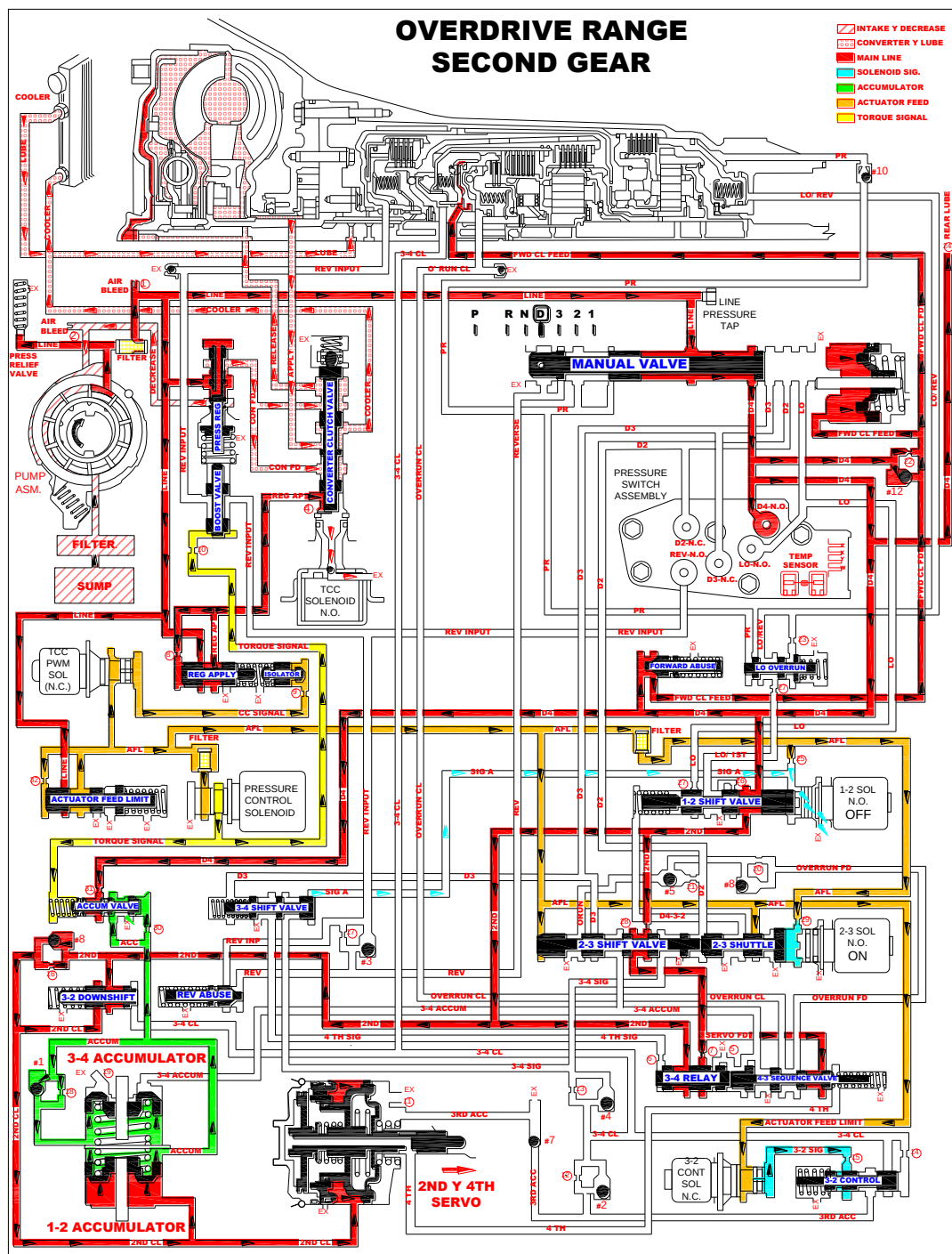
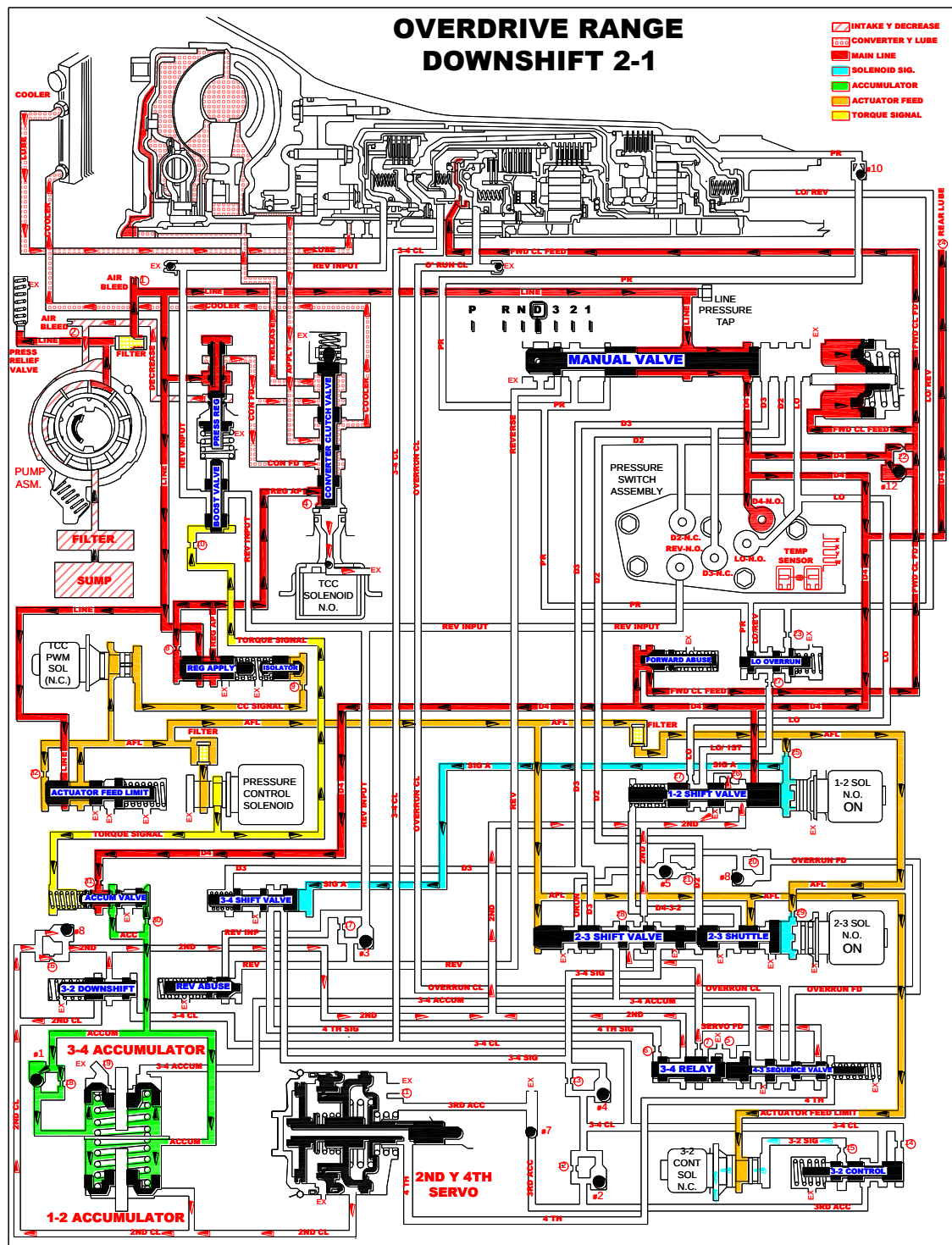


Figura 1.39b Circuito Hidráulico Overdrive Second Gear



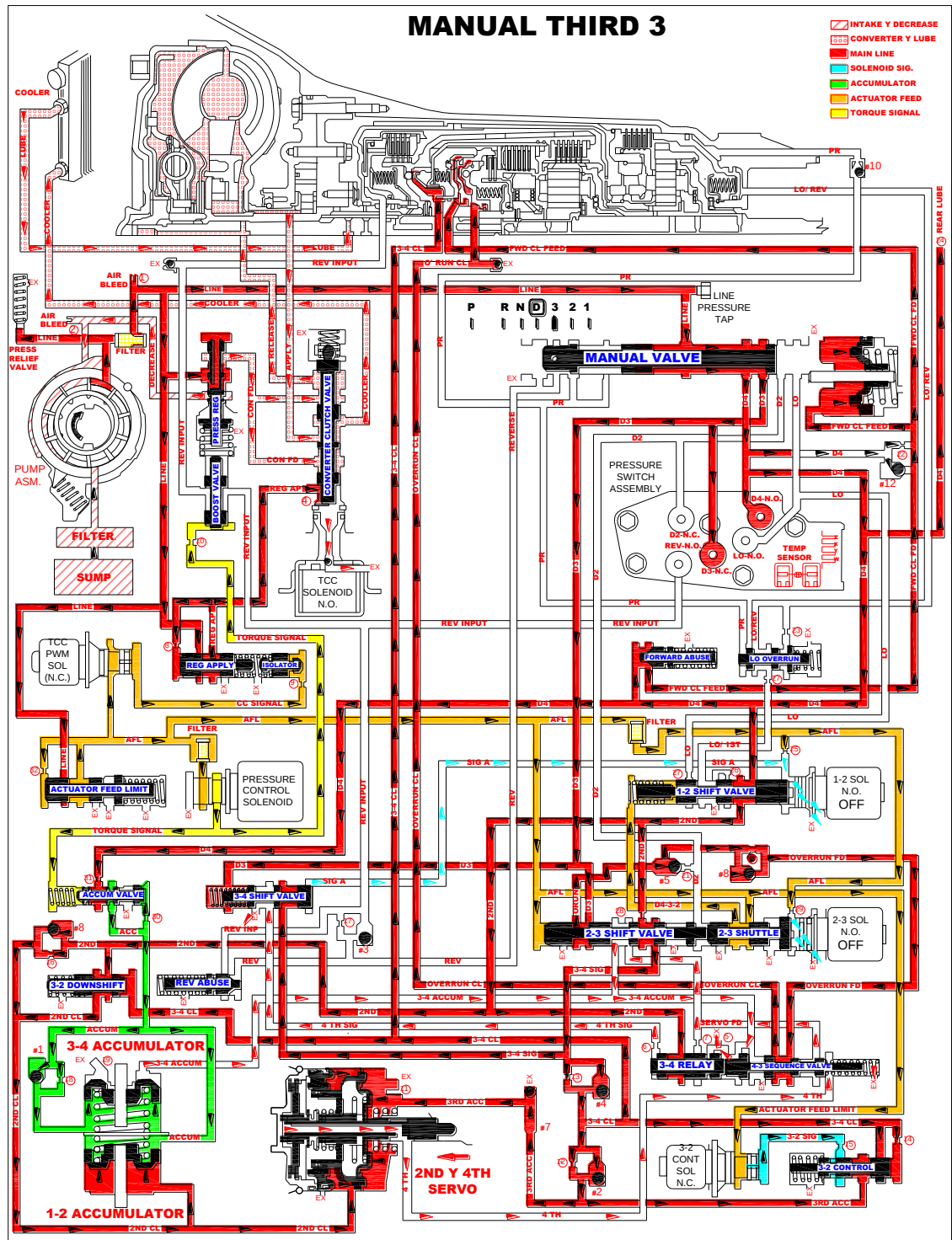
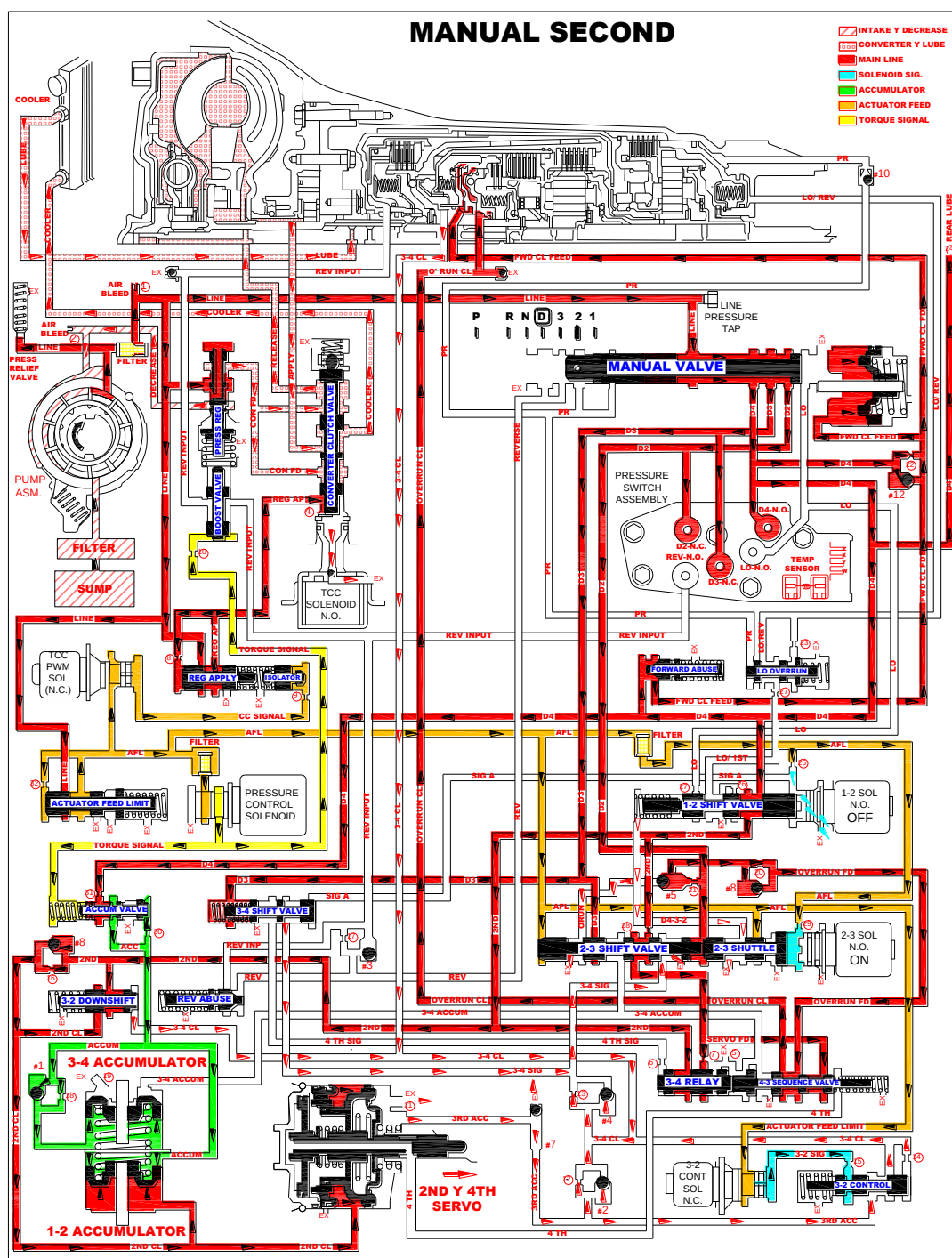


Figura 1.41 Manual Third



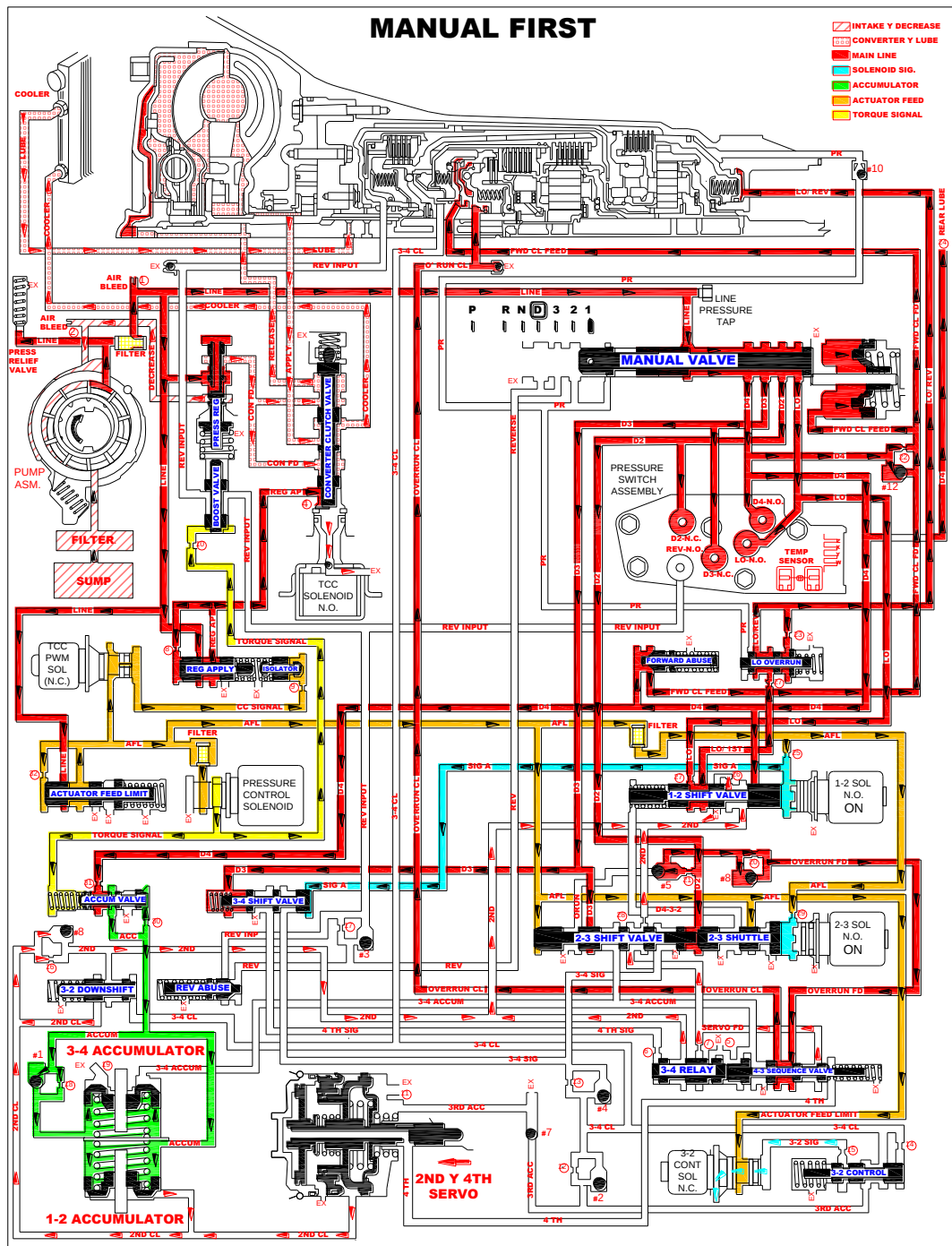


Figura 1.43 Manual First

CAPITULO II

CAPITULO II

DISEÑO, ELABORACIÓN Y MONTAJE DEL BANCO DIDÁCTICO DE LA CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA.

2.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA METALICA

Para la diseño del banco didáctico de la caja de cambios automática marca Chevrolet THM 350 en la versión 4L60-E se ha elegido montarla en un bastidor con perfil metálico 2 pulgadas x 1 pulgada y 3mm de espesor. Este perfil se lo ha escogido para garantizar que la estructura resiste el peso de los elementos que son parte del proyecto, como el motor de combustión interna, la caja de cambios, el pedestal o soporte, para el control electrónico, la palanca selectora de cambios, y el ordenador que dará todas al señales de acuerdo a las características de funcionamiento de la caja.

De acuerdo con las exigencias que demanda el proyecto y según las características de los elementos se ha propuesto un diseño de la estructura en la que se detalla todos los posibles elementos que se han de montar en el proyecto. Figura 2.1; 2.2

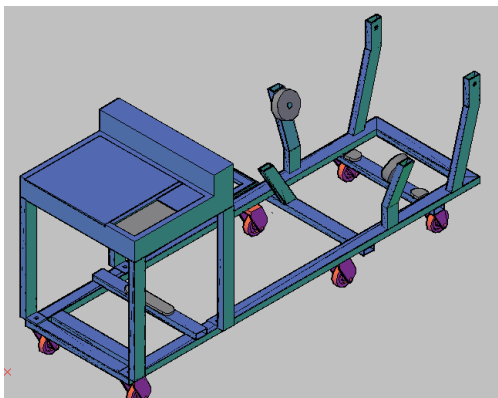


Figura 2.1 Estructura vista A

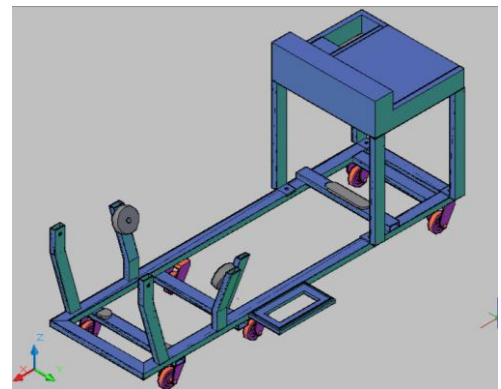
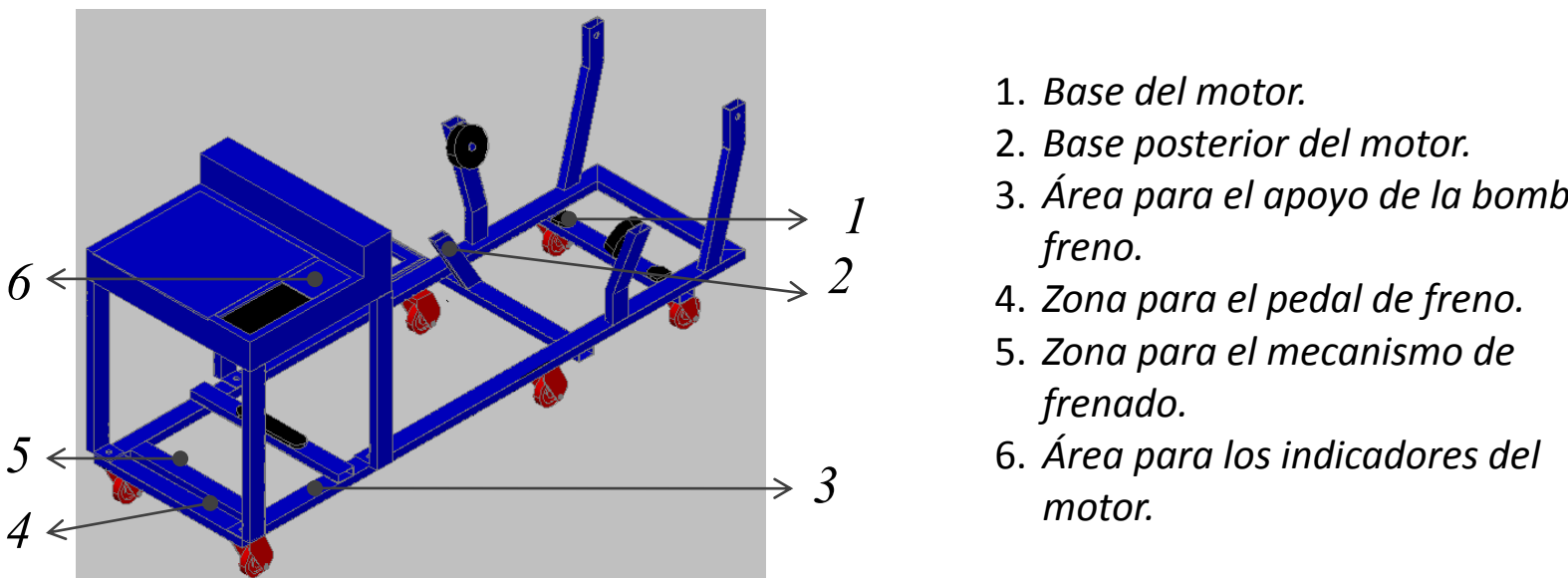
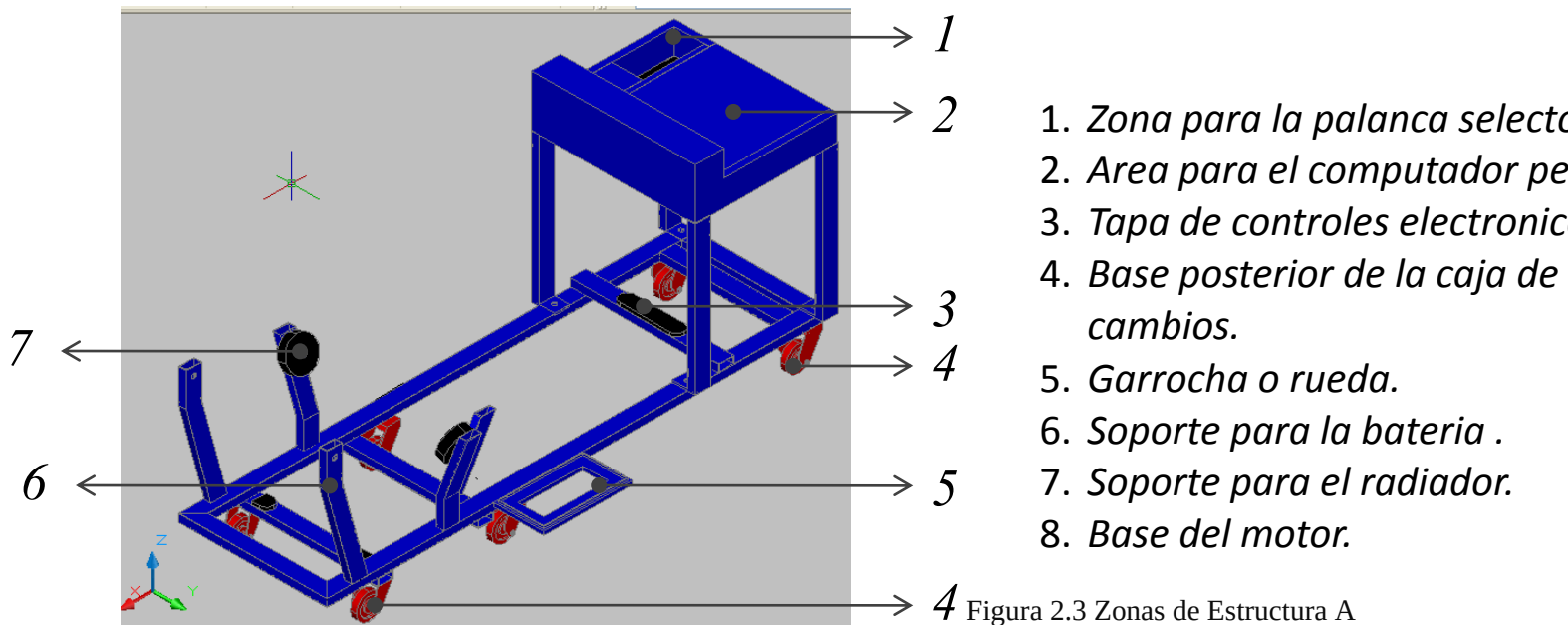


Figura 2.2 Estructura vista B

2.1.1 DETALLES DE LA ESTRUCTURA.

En la estructura se montara todos los accesorios y sistemas auxiliares, para detallarlos y señalar la posición exacta en la que van a ser ubicados de acuerdo con el diseño de la estructura se lo muestra en la figura 2.3 y 2.4



2.2 CALCULOS DE LA ESTRUCTURA

2.2.1 PESOS DE LOS ELEMENTOS DE LA MAQUETA

Cada uno de los elementos que se involucra en el montaje sobre la estructura del banco se toma en consideración, el peso de cada uno de los elementos esta medido en kilogramos, multiplicando por $9,81\text{m/s}^2$ obtenemos en Newton, tabla 2.1:

ELEMENTO	KILOGRAMOS	NEWTON
MOTOR:	119	

CAJA:	110	
SUMATORIA	229	2246.49
RADIADOR:	79.2	777
FRENO:	44	431.64
BATERIA:	55	539.55
MESA: PALANCA	87.16 22	855.07 215.82
SUMATORIA		1070.89

Tabla 2.1

Cada uno de los elementos van a afectar a la estructura es por este motivo que se analiza el reparto de peso de cada elemento, según la sección o parte de la estructura del banco, por lo que se divide la estructura en las siguientes secciones para su análisis matemático.

Sección motor y caja

Sección radiador

Sección barras motor 0

Sección barras motor 1

Sección barras motor 2

Sección barra caja

Sección barra de freno

Sección batería

Sección mesa y palanca

El resultado del cálculo determinado de cada sección sirve para establecer las fuerzas y momentos que someten a la viga que mas soporta o está sometida a mayor esfuerzo, con estas fuerzas y las características del perfil a utilizar se puede determinar si la estructura esta correctamente diseñada.

2.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL PARA LA ESTRUCTURA

Las características del perfil están detalladas a continuación y en la figura 2.5:

Tipo rectangular.

Base: $B=0.050\text{m}$

Altura: $H= 0.025$

Espesor: 0.002m

Área: 0.000146m^2

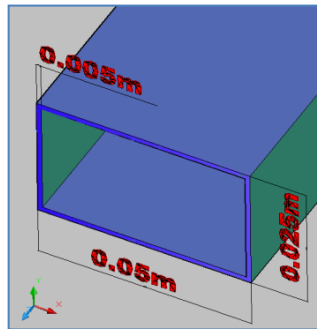


Figura 2.5 Perfil de la estructura

Designación del material (número ASTM)	G	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)	Módulo de elasticidad	
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)		(10 ⁶ psi)	(GPa)
Hierro gris								
A48-94a	20	20	138			<1	12	83
	25	25	172			<1	13	90
	30	30	207			<1	15	103
	40	40	276			<1	17	117
	50	50	345			<1	19	131
Hierro Estructural	60	60	414			<1	20	138
Hierro maleable								
A47-99	32510	50	345	32	221	10	25	172
	35018	53	365	35	241	18	25	172
A220-99	40010	60	414	40	276	10	26	179
	45006	65	448	45	310	6	26	179
	50005	70	483	50	345	5	26	179
	70003	85	586	70	483	3	26	179
	90001	105	724	90	621	1	26	179
Hierro dúctil								
A536-84	60-40-18	60	414	40	276	18	22	152
	80-55-06	80	552	55	379	8	22	152
	100-70-03	100	689	70	483	3	22	152
	120-90-02	120	827	90	621	2	22	152
Hierro dúctil templado desde austemplado								
ASTM 897-90	1	125	850	80	550	10	22	152
	2	150	1050	100	700	7	22	152
	3	175	1200	125	850	4	22	152
	4	200	1400	155	1100	1	22	152
	5	230	1600	185	1300	<1	22	152

Nota: Los valores de resistencia son típicos. Las variables del colado y el tamaño de la sección afectan los valores finales. También puede variar el módulo de elasticidad. La densidad de los hierros colados va de 0.25 a 0.27 lb/pulg³ (6920 a 7480 kg/m³). La resistencia de compresión es de 3 a 5 veces mayor que la resistencia a la tensión.

Tabla 2.2 Propiedades del hierro.

De la tabla 2.2 se obtiene el Modulo de elasticidad: 138 GPa. ¹

¹ F. RUSSELL Johnston, JR, MECANICA DE MATERIALES, Tercera edición G. México, 2003, p10

Se calcula el momento de inercia I, según el tipo de perfil, siendo de forma rectangular hueco tiene la siguiente fórmula [2.1]:

I= Momento de inercia

B =Base.

H =Altura.

$$I = \frac{1}{12} BH^3 - \frac{1}{12} BH^3 \quad [2.1]$$

Se reemplaza los datos, considerando el espesor, lo que se obtiene:

$$I = \frac{1}{12} 0.05(0.025)^3 - \frac{1}{12} 0.048(0.023)^3$$

$$I = 6.5 \times 10^{-8} - 4.8 \times 10^{-8}$$

$I = 1.7 \times 10^{-8} \text{ m}^4$ que se utiliza posteriormente en los cálculos.

2.2.3 SECCION MOTOR Y CAJA

El motor con la caja se toma como un solo elemento para el cálculo ya que ambos están acoplados directamente, la suma del motor con la caja es de 229kg multiplicando por 9.81 m/s^2 obtenemos 2246.49N, en la figura 2.6, podemos observar el número de asientos en los que se apoya el conjunto motor caja, en la gráfica la distribución del peso está representada por las flechas amarillas.

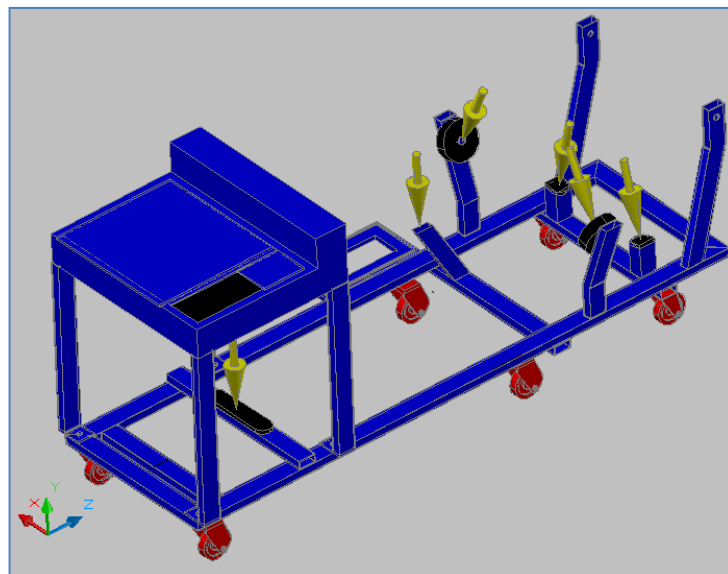


Figura 2.6 Zona de apoyo Caja y motor.

Son seis asientos donde se apoya el conjunto, por lo que en cada apoyo tenemos

$$\frac{2246.49\text{N}}{6 \text{ asientos}} = 374.415 \text{ N}$$

Este valor es una de las fuerzas que actúa en la viga que soporta más carga, por lo que se le traslada al diagrama de la viga figura 2,23 para el análisis de la misma.

2.2.4 SECCION DEL RADIADOR

El peso del radiador es de 804.42N, se realiza el diagrama de cuerpo libre para el análisis matemático figura 2.7.y se establece la ecuación de sumatorias de fuerzas, fórmula [2.2], y la ecuación de sumatoria de momentos, fórmula [2.3], figura 2.8.

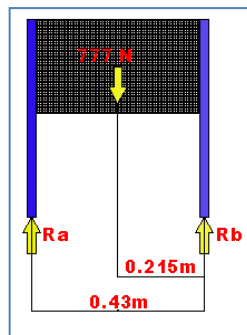


Figura 2.7 Radiador vista A

Ecuación de sumatorias de fuerzas en Y.

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0 \quad [2.2]$$

$$R_a + R_b = 777$$

Ecuación de sumatoria de momentos en A.

$$\circlearrowleft \Sigma M_a = 0 \quad [2.3]$$

$$0.43R_b - 777(0.215) = 0$$

$$R_b = 388.5 \text{ N}$$

$$R_a = 388.5 \text{ N}$$

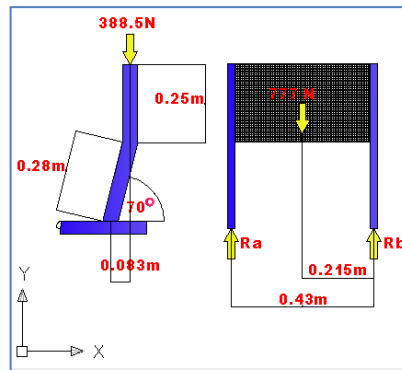


Figura 2.8 Radiador vista B

$$M = 388.5 (0.083)$$

$$M = 32,17 \text{ Nm}$$

El valor de la fuerza de 388.5N y del momento 32,17Nm actúan en la viga que soporta más carga, por lo que se las traslada al diagrama de la viga figura 2,23 para el análisis de la misma.

2.2.5 SECCION BARRAS MOTOR 0

Las barras de motor cero, es la parte delantera en donde se asienta parte del motor de combustión interna, figura 2.9, se realiza el análisis matemático a través del diagrama de cuerpo libre figura 2.10

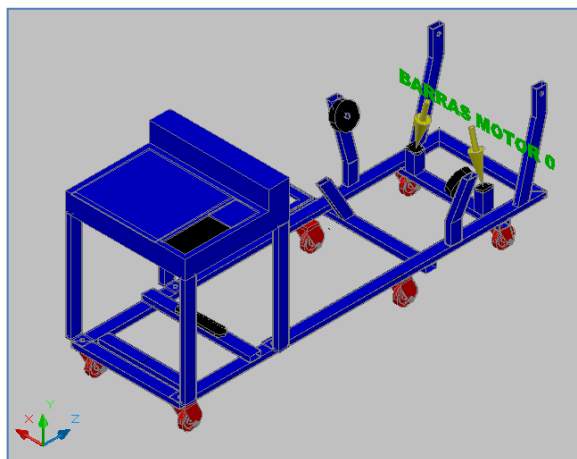


Figura 2.9 Barras motor 0 vista A

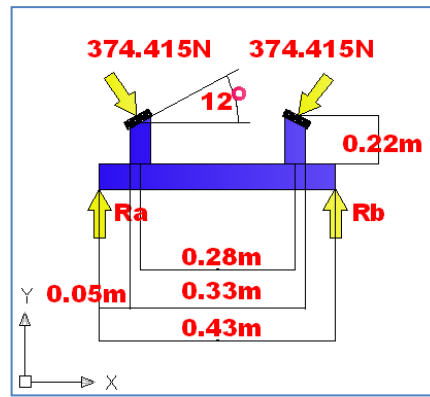


Figura 2.10 Barras motor 0 vista B

Ecuación de sumatorias de fuerzas en Y, fórmula [2.4]:

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0 \quad [2.4]$$

$$-374.415 \text{ Sen}12 - 374.415 \text{ Sen}12 + R_a + R_b = 0$$

$$R_a + R_b = 155.69$$

Ecuación de sumatoria de momentos en A, fórmula [2.5]:

$$\circlearrowleft + \Sigma M_a = 0 \quad [2.5]$$

$$0.43R_b - 375.415 \text{ Sen}12 (0.355) - 374.415 \text{ Sen}12 (0.075) = 0$$

$$R_b = 77.84\text{N}$$

$$R_a = 77.84\text{N}$$

Este valor es una de las fuerzas que actúa en la viga que soporta más carga, por lo que se le traslada al diagrama de la viga figura 2,23 para el análisis de la misma.

2.2.6 SECCION BARRAS MOTOR 1

Las barras de motor uno, es la parte en donde se asienta parte del motor de combustión interna, figura 2.11, se realiza el análisis matemático a través del diagrama de cuerpo libre figura 2.12

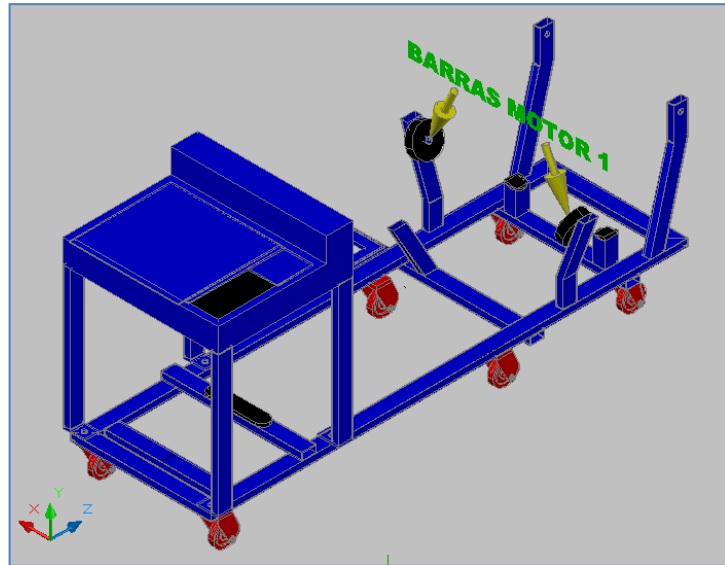


Figura 2.11 Barras motor 1 vista A

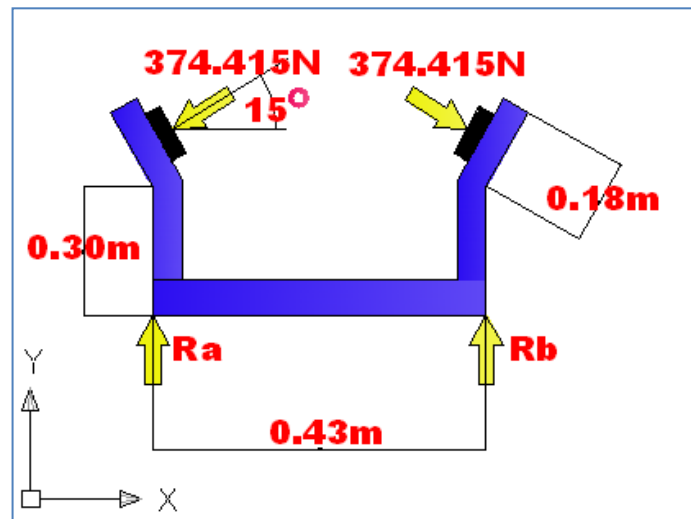


Figura 2.12 Barras motor 1 vista B

Ecuación de sumatorias de fuerzas en Y, fórmula [2.6]:

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0 \quad [2.6]$$

$$-374.415 \text{ Sen}15 - 374.415 \text{ Sen}15 + R_a + R_b = 0$$

$$R_a + R_b = 193.81$$

Ecuación de sumatoria de momentos en A, fórmula [2.7]:

$$\circlearrowleft \Sigma M_a = 0 \quad [2.7]$$

$$-374.415 \text{ Sen}15 (0.43) + 0.43R_b = 0$$

$$R_b = 96,905 \text{ N}$$

$$R_a = 96,905 \text{ N}$$

Este valor es una de las fuerzas que actúa en la viga que soporta más carga, por lo que se le traslada al diagrama de la viga figura 2,23 para el análisis de la misma.

2.2.7 SECCION BARRAS MOTOR 2

Las barras de motor dos, es la parte en donde se asienta parte del conjunto motor-caja de combustión interna, figura 2.13, se realiza el análisis matemático a través del diagrama de cuerpo libre figura 2.14

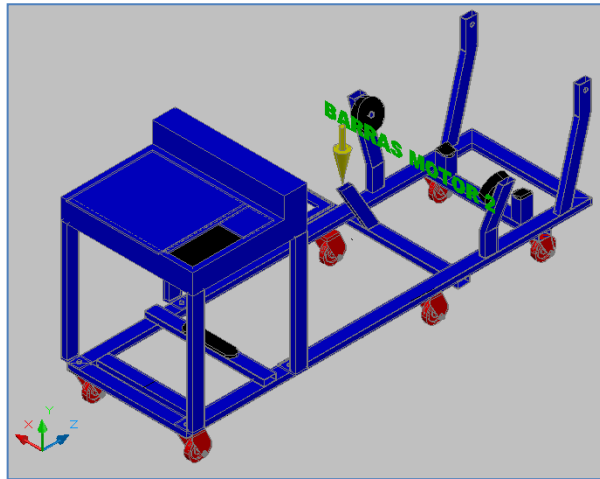


Figura 2.13 Barras motor 2 vista A

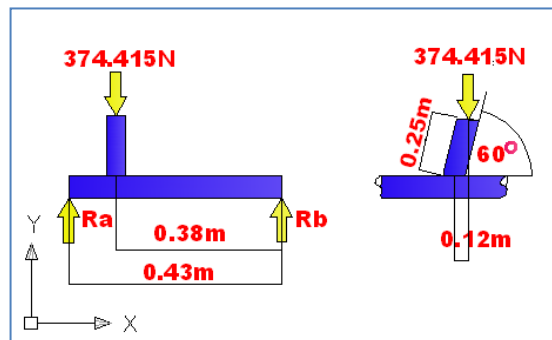


Figura 2.14 Barras motor 2 vista B

Ecuación de sumatorias de fuerzas en Y, fórmula [2.8]:

$$+\uparrow \sum F_y = 0 \quad [2.8]$$

$$R_a + R_b = 374.415$$

Ecuación de sumatoria de momentos en B, fórmula [2.9]:

$$\oplus \sum M_b = 0 \quad [2.9]$$

$$+0.43R_a - 374.415 \operatorname{Sen}15 (0.38) = 0$$

$$R_a = 330.87 \text{ N}$$

$$R_b = 43.545 \text{ N}$$

$$0.25 \operatorname{Cos}60 = a$$

$$a = 0.12 \text{ m}$$

$$M = 330.87 (0.12)$$

$$M = 39.70 \text{ Nm}$$

. El valor de la fuerza de 330.87N y del momento 39,70Nm actúan en la viga que soporta más carga, por lo que se las traslada al diagrama de la viga figura 2,23 para el análisis de la misma.

2.2.8 SECCION BARRA CAJA

La sección barra caja de la estructura, es la zona en donde se asienta parte de la caja de cambios, figura 2.15, se realiza el análisis matemático atreves del diagrama de cuerpo libre figura 2.16.

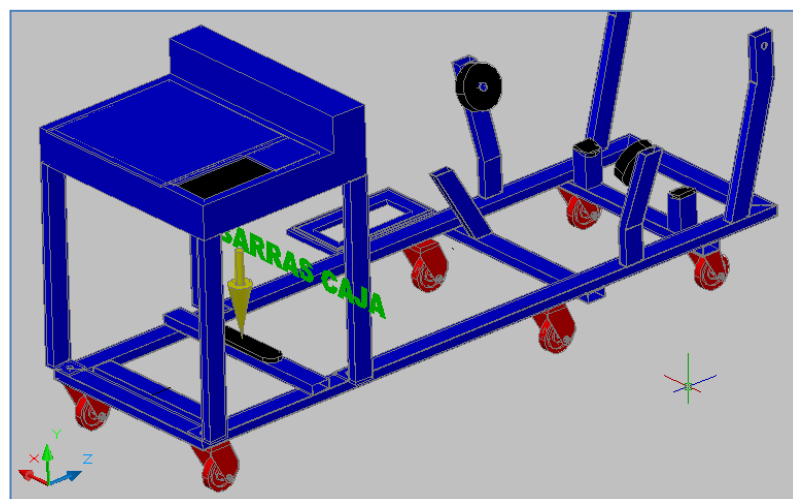


Figura 2.15 Barra caja vista A

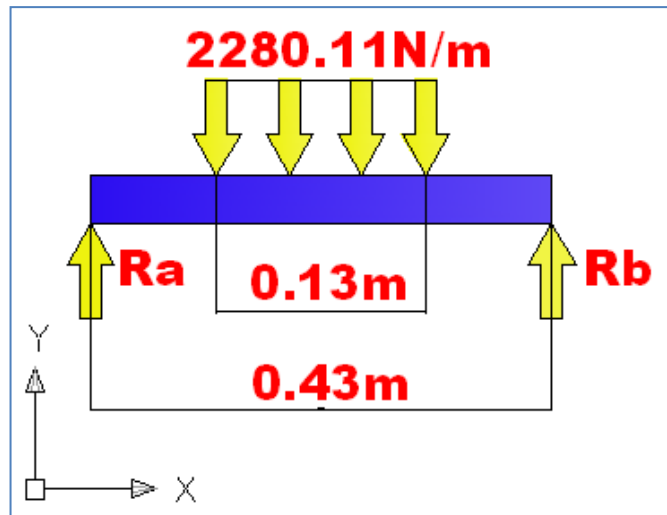


Figura 2.16 Barra caja vista B

Se puede colocar como carga distribuida, se divide los 374.415N para la distancia que ocupa la misma.

$$374.415\text{N} / 0.13\text{m} = 2880.11\text{N/m}$$

Como es una sola carga distribuida y está en la mitad de la barra se puede dividir los 374.415N para dos:

$$R_a = R_b = 374.415 / 2 = 187.2\text{ N}$$

Este valor es una de las fuerzas que actúa en la viga que soporta más carga, por lo que se le traslada al diagrama de la viga figura 2,23 para el análisis de la misma.

2.2.9 SECCION BARRA DE FRENO

La sección barra de freno de la estructura, es la zona en donde se asienta el freno que esta acoplado a la salida de la caja de cambios, figura 2.17, se realiza el análisis matemático atreves del diagrama de cuerpo libre figura 2.18.

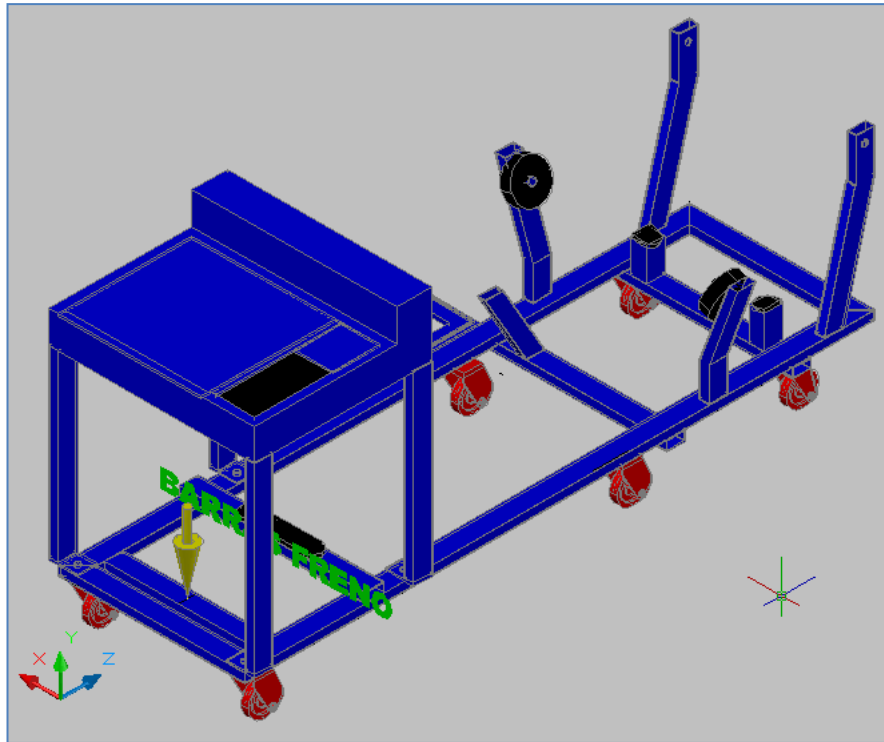


Figura 2.17 Barra de freno vista A

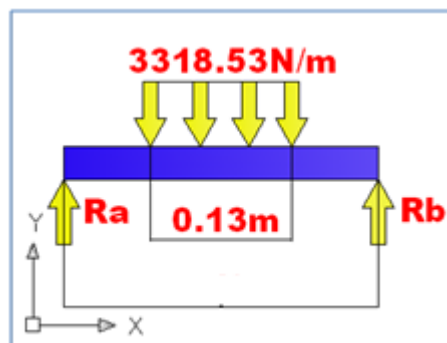


Figura 2.18 Barra de freno vista B

Para su análisis matemático se procede igual que la sección barra de freno.

Carga distribuida

$$431.415 \text{ N} / 0.13\text{m} = 3318.57\text{N/m}$$

Como es una sola carga distribuida y está en la mitad de la barra:

$$R_a = R_b = 431.415 / 2 = 215.7\text{N}$$

Este valor es una de las fuerzas que actúa en la viga que soporta más carga, por lo que se le traslada al diagrama de la viga figura 2,23 para el análisis de la misma.

2.2.10 BATERIA

La sección barra de la batería de la estructura, es la zona en donde se asienta la batería, figura 2.19, se realiza el análisis matemático a través del diagrama de cuerpo.

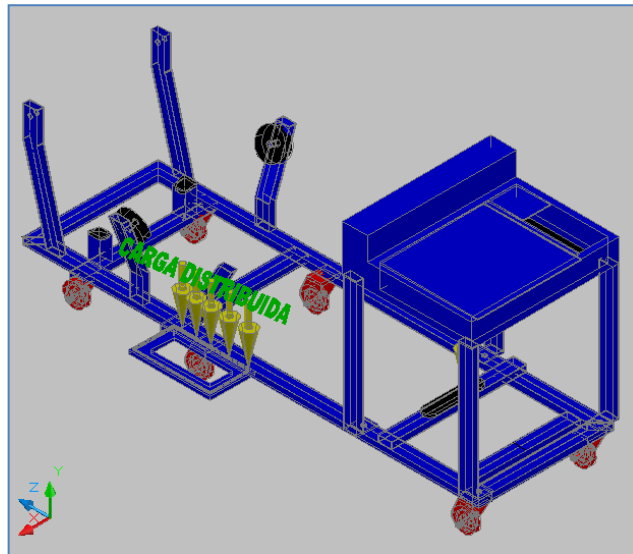


Figura 2.19 Zona de batería vista A

Se transforma los 339.55N de la batería a una carga distribuida por lo que se divide para su longitud, 0,3m.

$$339.55\text{N} / 0.3\text{m} = 1798.5\text{N/m}$$

Este valor es una de las cargas que actúa en la viga que soporta más, por lo que se le traslada al diagrama de la viga figura 2,23 para el análisis de la misma.

2.2.11 SECCION MESA Y PALANCA

La sección mesa y palanca de la estructura, es la zona en donde se asienta la batería, figura 2.20, se realiza el análisis matemático a través del diagrama de cuerpo libre figura ,2.21, 2.22

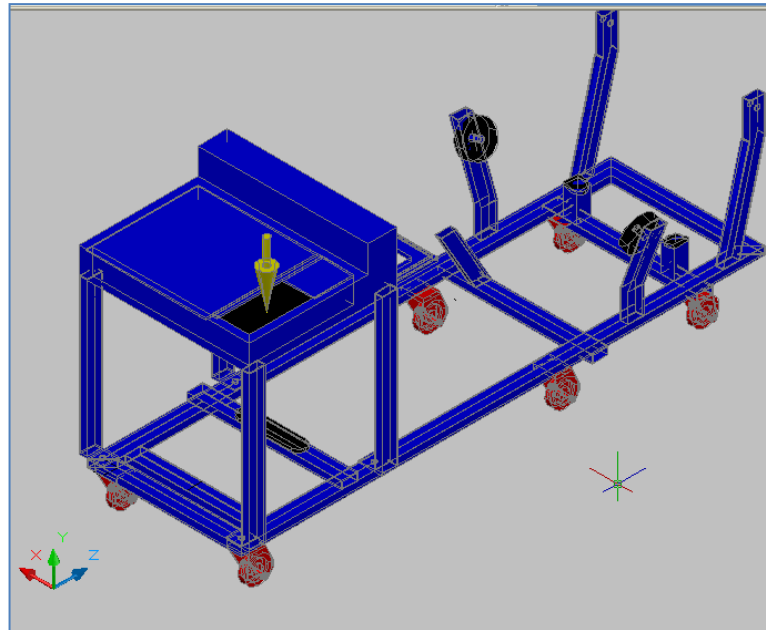


Figura 2.20 Mesa vista A

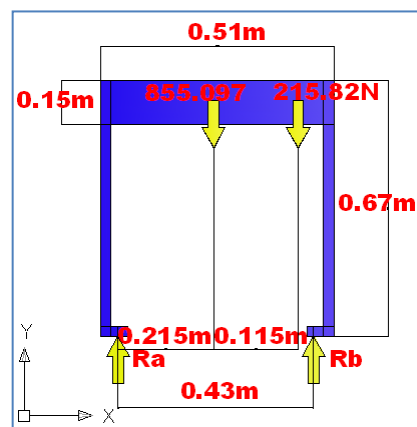


Figura 2.21 Mesa vista B

Ecuación de sumatorias de fuerzas en Y, fórmula [2.10]:

$$\uparrow \Sigma F_y = 0 \quad [2.10]$$

$$R_a + R_b = 1070.89$$

Ecuación de sumatoria de momentos en A, fórmula [2.11]:

$$\circlearrowleft \Sigma M_a = 0 \quad [2.11]$$

$$-855.07 (0.215) - 215.82 (0.33) + 0.43R_b = 0$$

$$R_b = 584.17\text{N}$$

$$R_a = 486.72\text{N}$$

$$R_a = R_a = R_a / 2 = 468.73 / 2 = 234.36 \text{ N}$$

$$R_a = 234.36 \text{ N}$$

$$R_b = R_b = R_b / 2 = 584.17 / 2 = 274.08 \text{ N}$$

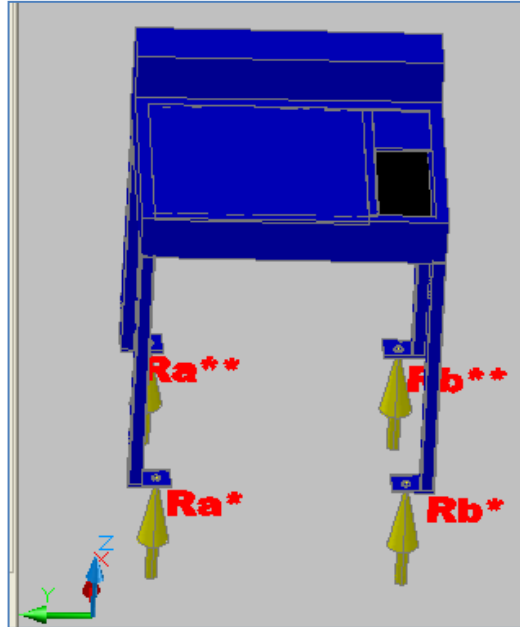


Figura 2.22 Mesa designación de las reacciones

El valor de 234.36N es una de las fuerzas que actúa en la viga que soporta más carga, por lo que se le traslada al diagrama de la viga figura 2,23 para el análisis de la misma.

2.3 CALCULO DE LA VIGA SOMETIDA A MAYOR ESFUERZO

Cada una de los resultados anteriores sirve para analizar la viga que está sometida a mayor esfuerzo o carga, es decir para el análisis matemático de la viga lateral derecha de la estructura, en donde está colocada la batería.

2.3.1 BARRA LATERAL DERECHO

Es la barra longitudinal de la estructura que mas soporta el peso, es decir, si en el análisis de la barra se demuestra que el esfuerzo máximo sea menor al esfuerzo permisible ecuación [2.12], la estructura esta correctamente diseñada.

$$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{per}} \quad [2.12]$$

Diagrama de la viga,

En este diagrama está colocado cada una de los resultados de las fuerzas de los cálculos de las secciones de la estructura, representada en la figura 2.23.

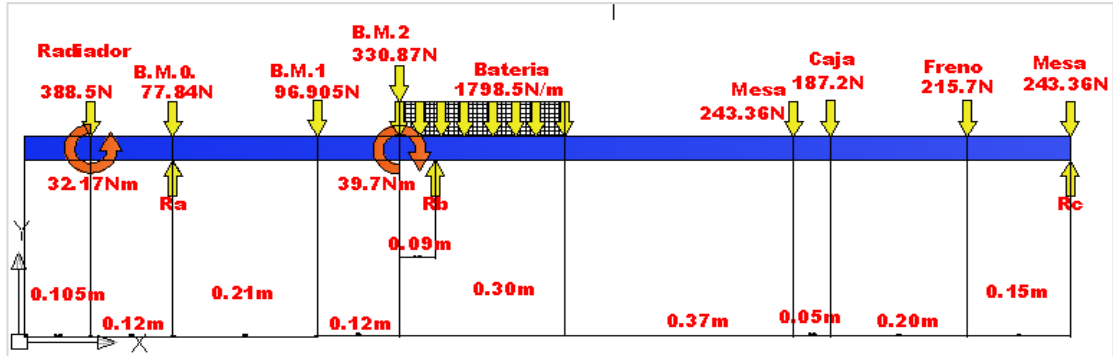


Figura 2.23 Diagrama de la viga sometida a mayor esfuerzo.

Para el análisis de la viga se realiza la sumatoria de fuerzas en Y ecuación [2.13], y la de sumatoria de momentos con respecto a un apoyo ecuación [2.14]:

Ecuación de sumatorias de fuerzas en Y.

$$+\uparrow \sum F_y = 0 \quad [2.13]$$

$$R_a + R_b + R_c = 2323.285 \text{ N}$$

Ecuación de sumatoria de momentos en el apoyo A.

$$+\circlearrowleft \sum M_a = 0 \quad [2.14]$$

$$388.5 (0.12) + 32.17 - 96.905 (0.21) - 330.87 (0.33) - 539.55 (0.48) - 243.36 (1)$$

$$- 187.2 (1.05) - 215.7 (1.25) - 243.36 (1.4) + R_c (1.4) + R_b (0.42) - 39.7 = 0$$

Tenemos dos ecuaciones con tres incógnitas por tener tres apoyos (ruedas) es decir esta barra es una barra estáticamente indeterminada, por lo que se debe emplear un método apropiado para obtener las reacciones en los apoyos, se puede aplicar el método de la superposición.

2.3.2 METODO DE SUPERPOSICIÓN

Se emplea el método de superposición por cada fuerza, carga o momento aplicado a la viga, se analiza a través de tablas figuras 2.24 al 2.33 cada figura tiene una

ecuación definida, ecuaciones [2.15] a la [2.24], tomando en consideración que el apoyo B de la mitad se lo elimina parcialmente y se calcula la desviación tangencial Y_B independientemente en ese punto (punto B), luego se realiza la sumatoria de desviaciones tangenciales en B y se iguala a cero ya que en realidad el apoyo b existe.

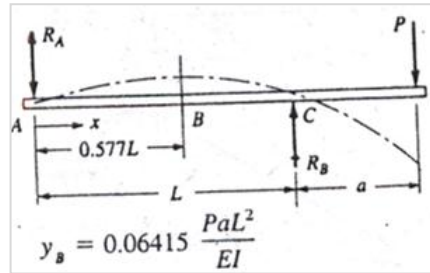


Figura 2.24. Diagrama A. ²

$$Y_B = 0.0645 \frac{PaL^2}{EI} \quad [2.15]$$

$$Y_B = 0.0645 \frac{(402.21)(0.12)(1.4)^2}{(138 \times 10^9)(1.7 \times 10^{-8})}$$

$$Y_B = 0.00131 \text{ m}$$

$$Y_B = 0 \text{ m}$$

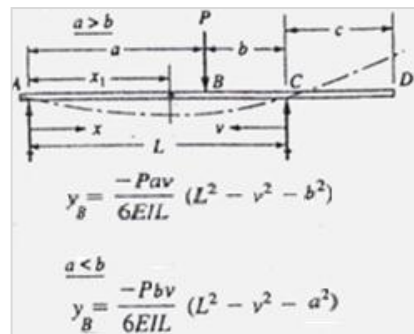


Figura 2.25 Diagrama B. ³

$$x = 0.98 \text{ m}$$

$$Y_B = - \frac{Pa v (L^2 - v^2 - b^2)}{6EIL} \quad [2.16]$$

² F. RUSSELL Johnston, JR, MECANICA DE MATERIALES, Tercera edición G. México, 2003, p788

³ Y ²³ F. RUSSELL Johnston, JR, MECANICA DE MATERIALES, Tercera edición G. México, 2003, p789

$$Y_B = - \frac{96.905(1.19)(0.98)(1.4^2 - 0.98^2 - 0.21^2)}{6(138 \times 10^9)(1.7 \times 10^{-8})1.4}$$

$$Y_B = -0.00048 \text{ m}$$

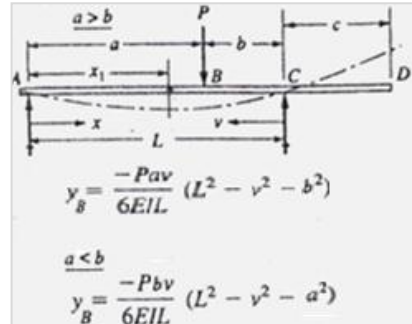


Figura 2.26 Diagrama C. ⁴

$$x = 0.98 \text{ m}$$

$$Y_B = - \frac{Pa v (L^2 - v^2 - b^2)}{6EIL} \quad [2.17]$$

$$Y_B = - \frac{330.87(1.07)(0.98)(1.4^2 - 0.98^2 - 0.33^2)}{6(138 \times 10^9)(1.7 \times 10^{-8})1.4}$$

$$Y_B = -0.00215 \text{ m}$$

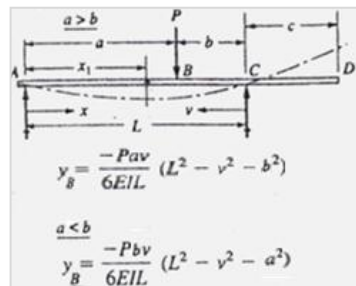


Figura 2.27 Diagrama D. ⁵

$$x = 0.42 \text{ m}$$

$$Y_B = - \frac{Pb x (L^2 - x^2 - a^2)}{6EIL} \quad [2.18]$$

⁵ Y ²⁵ F. RUSSELL Johnston, JR, MECANICA DE MATERIALES, Tercera edición G. México, 2003, p789.

$$Y_B = -\frac{243.36(1)(0.98)(1.4^2 - 0.42^2 - 0.4^2)}{6(138 \times 10^9)(1.7 \times 10^{-8})1.4}$$

$$Y_B = -0.00201 \text{ m}$$

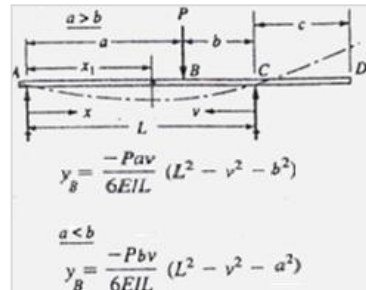


Figura 2.28 Diagrama E. ⁶

$$x = 0.42 \text{ m}$$

$$Y_B = -\frac{Pb x(L^2 - x^2 - a^2)}{6EIL} \quad [2.19]$$

$$Y_B = -\frac{187.20(1.05)(0.98)(1.4^2 - 0.42^2 - 0.35^2)}{6(138 \times 10^9)(1.7 \times 10^{-8})1.4}$$

$$Y_B = -0.00203 \text{ m}$$

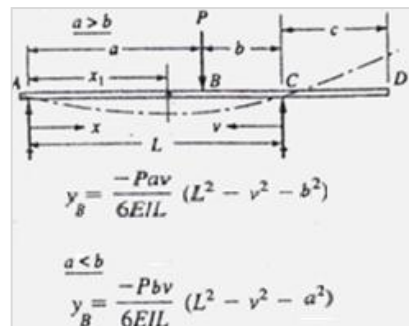


Figura 2.29 Diagrama F. ⁷

$$x = 0.42 \text{ m}$$

$$Y_B = -\frac{Pb x(L^2 - x^2 - a^2)}{6EIL} \quad [2.20]$$

⁷ Y ²⁷ F. RUSSELL Johnston, JR, MECANICA DE MATERIALES, Tercera edición G. México, 2003, p791.

$$Y_B = - \frac{215.7(1.25)(0.42)(1.4^2 - 0.42^2 - 0.15^2)}{6(138 \times 10^9)(1.7 \times 10^{-8})1.4}$$

$$Y_B = -0.00079 \text{ m}$$

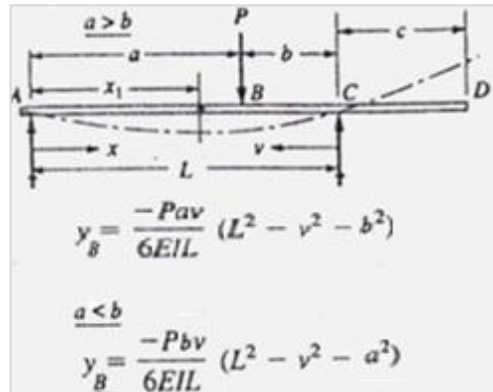


Figura 2.30 Diagrama G.⁸

$$x = 0.98 \text{ m}$$

$$Y_B = - \frac{Pa v(L^2 - v^2 - b^2)}{6EIL} \quad [2.21]$$

$$Y_B = - \frac{R_B(0.98)(0.98)(1.4^2 - 0.098^2 - 0.42^2)}{6(138 \times 10^9)(1.7 \times 10^{-8})1.4}$$

$$Y_B = -8.36 \times 10^{-6} R_B \quad \text{Cambia de signo es por el apoyo.}$$

$$Y_B = +8.36 \times 10^{-6} R_B$$

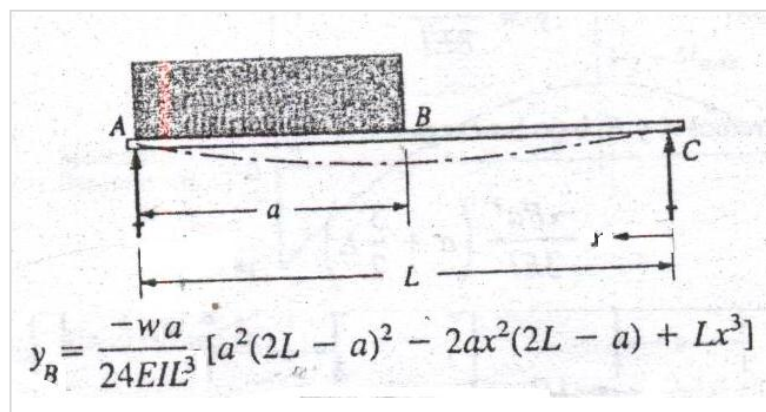


Figura 2.31 Diagrama H.⁹

$$x = 0.98 \text{ m}$$

⁹ ²⁹ F. RUSSELL Johnston, JR, MECANICA DE MATERIALES, Tercera edición G. México, 2003, p789.

$$Y_B = - \frac{Wa[a^2(2L - a)^2 - 2ax^2(L - a) + Lx^3]}{24EIL^3} \quad [2.22]$$

$$Y_B = - \frac{1798(0.30)[0.3^2(2(1.4) - 0.3)^2 - 2(0.3)0.98^2(1.4 - 0.3) + 1.4(0.98)^3]}{24(138 \times 10^9)(1.7 \times 10^{-8})1.4^3}$$

$$Y_B = - \frac{1798(0.30)[0.5625 - 0.633864 + 1.3176688]}{24(138 \times 10^9)(1.7 \times 10^{-8})1.4^3}$$

$$Y_B = -0.00220 \text{ m}$$

$$Y_B = 0 \text{ m}$$

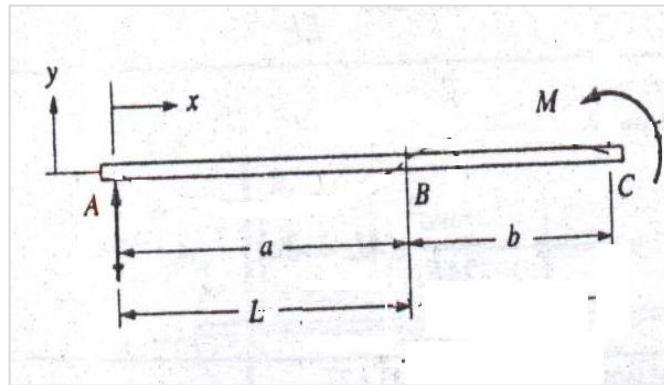


Figura 2.32 Diagrama I. ¹⁰

$$x = 0.98 \text{ m}$$

$$Y_B = \frac{W}{6EIL^3} [L X^3 - a L^2 X] \quad [2.23]$$

$$Y_B = \frac{32.17}{6(138 \times 10^9)(1.7 \times 10^{-8})1.4^3} [1.4 (0.98)^3 - 0.12 (1.4)^2 0.98]$$

$$Y_B = +0.00090 \text{ m}$$

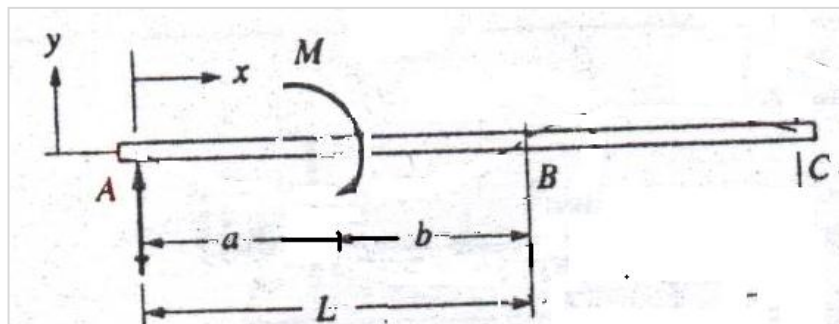


Figura 2.33 Diagrama J. ¹¹

$$x = 0.98\text{m}$$

$$Y_B = -\frac{M}{EIL^3} [a X^3 - 0.33 X^2 + X] \quad [2.24]$$

$$Y_B = -\frac{-39.70}{(138 \times 10^9)(1.7 \times 10^{-8})1.4^3} [0.32 (0.98)^3 - 0.33 (0.98)^2 + 0.98]$$

$$Y_B = -0.00291 \text{ m}$$

La desviación tangencial total es igual a la sumatoria de cada una de las desviaciones parciales tangenciales de la viga, ecuación [2.25]:

$$Y_B = \sum Y_B \quad [2.25]$$

Condición real, con apoyo B: $Y_B = 0$

$$0 = 0.00131 - 0.00048 - 0.00215 - 0.00201 - 0.00203 - 0.00079 + 8.36 \times 10^{-6} R_B - 0.00220 + 0.00090 - 0.00291$$

$$R_B = 0.01006 / 8.36 \times 10^{-6}$$

$$R_B = 1151.556 \text{ N}$$

Rb es el resultado de la reacción en el apoyo B.

Se reemplaza el resultado de R_B en la ecuación de sumatoria de momentos en A de la viga, ecuación [2.14], para obtener R_C , ecuación [2.26]:

$$\sum M_A = 0 \quad [2.26]$$

$$388.5 (0.12) + 32.17 - 96.905 (0.21) - 330.87 (0.33) - 539.55 (0.48) - 243.36 (1)$$

$$-187.2 (1.05) - 215.7 (1.25) - 243.36 (1.4) + R_C (1.4) + 1151.556 (0.42) - 39.7 = 0$$

³⁰ F. RUSSELL Johnston, JR, MECANICA DE MATERIALES, Tercera edición G. México, 2003, p789-790.

$$R_C = 654.604 \text{ N}$$

R_C es el resultado de la reacción en el apoyo C

Se sustituye R_B y R_C en la ecuación de sumatoria de fuerzas en Y de la viga, ecuación [2.13], para encontrar R_A ecuación [2.27]:

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0 \quad [2.27]$$

$$R_A + R_B + R_C = 2323.285 \text{ N}$$

$$R_A + 1151.556 + 654.604 = 2323.285$$

$$R_A = 517.115 \text{ N}$$

R_A es el resultado de la reacción en el apoyo A.

El método de superposición ayudo a definir las reacciones en los apoyos A, B, C:

$$R_A = 517.115 \text{ N}$$

$$R_B = 1151.556 \text{ N}$$

$$R_C = 654.604 \text{ N}$$

Con todas las cargas sometidas a la viga y los resultados de las reacciones en los apoyos podemos realizar los diagramas de corte y momento.

2.4 DIAGRAMA DE FUERZA CORTENTE DE LA VIGA

El diagrama de corte de la viga se puede apreciar en la figura 2.34

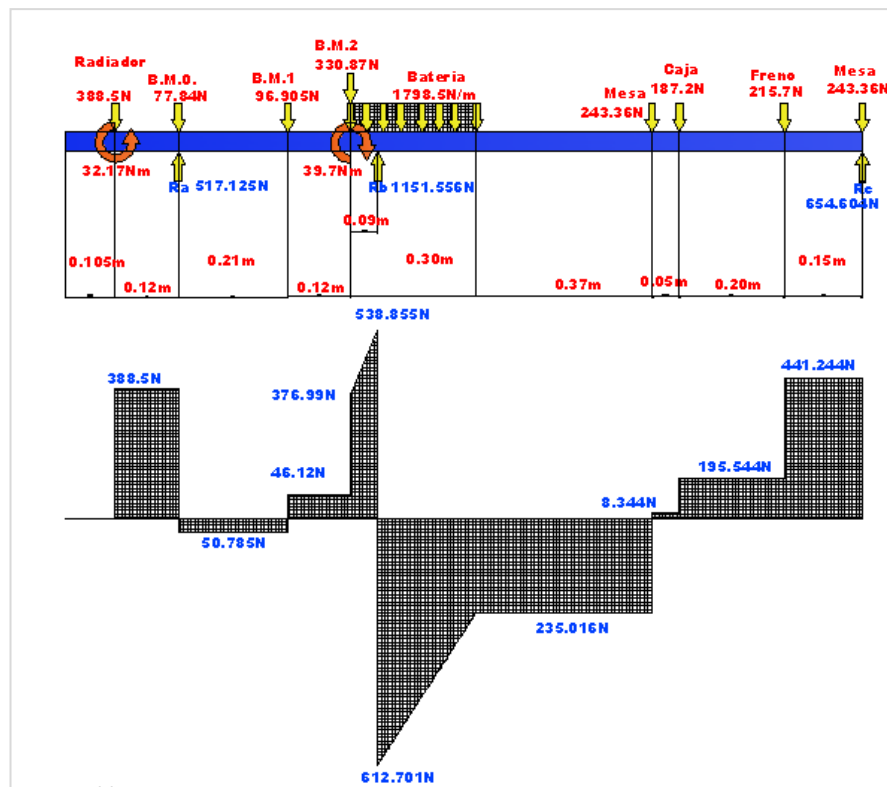


Figura 2.34 Diagrama De Fuerza Cortante de la viga.

Para el cálculo de corte de la viga se emplea el diagrama de momento de la viga con todas sus cargas y el resultado de las reacciones, se empieza por uno de los lados del diagrama y se realizan sumatorias y restas según la fuerza, si esta es hacia arriba se suma y es positivo o hacia abajo se resta y es una fuerza negativa, no involucran los momentos puntuales, el diagrama debe de cerrarse por lo que el extremo final llega a la posición cero en Y, el cálculo está descrito en la siguiente tabla 2.2

$-243.34 + 654.604 =$	411.264
$411.264 - 215.7 =$	195.544
-187.2	8.344
-243.34	-235.016
-1798.5×0.21	-612.701
$+1151.556$	538.855
-1798.5×0.09	376.99
-330.87	46.12
-96.905	50.785
$-77.84 + 517.115$	388.49
-388.5	0

Tabla 2.2

2.5 DIAGRAMA DE MOMENTOS DE LA VIGA,

El diagrama de momentos de la viga figura 2.35, parte del diagrama de corte, se calculan las áreas formadas, las que están sobre el eje Y pasan a ser negativos y los que están bajo el eje Y son positivas, también interviene los momentos puntuales, los horarios son negativos y los momentos anti horarios son positivos, al igual que el diagrama de fuerza cortante el de momentos también debe de cerrarse por lo que el extremo final llega a la posición cero en Y, el cálculo esta descrito en la siguiente tabla 2.3

En el figura 2.35 se establecen las medidas de distancia entre los puntos, además se establecen los valores de los momentos calculados, se da el cierre del diagrama y por lo que el esquema se encuentra correcto, en este se aprecia la parte en donde la viga está sometida a mayor esfuerzo, el momento máximo es de 105.7096 Nm y está ubicado a 1,25m de distancia del extremo delantero.

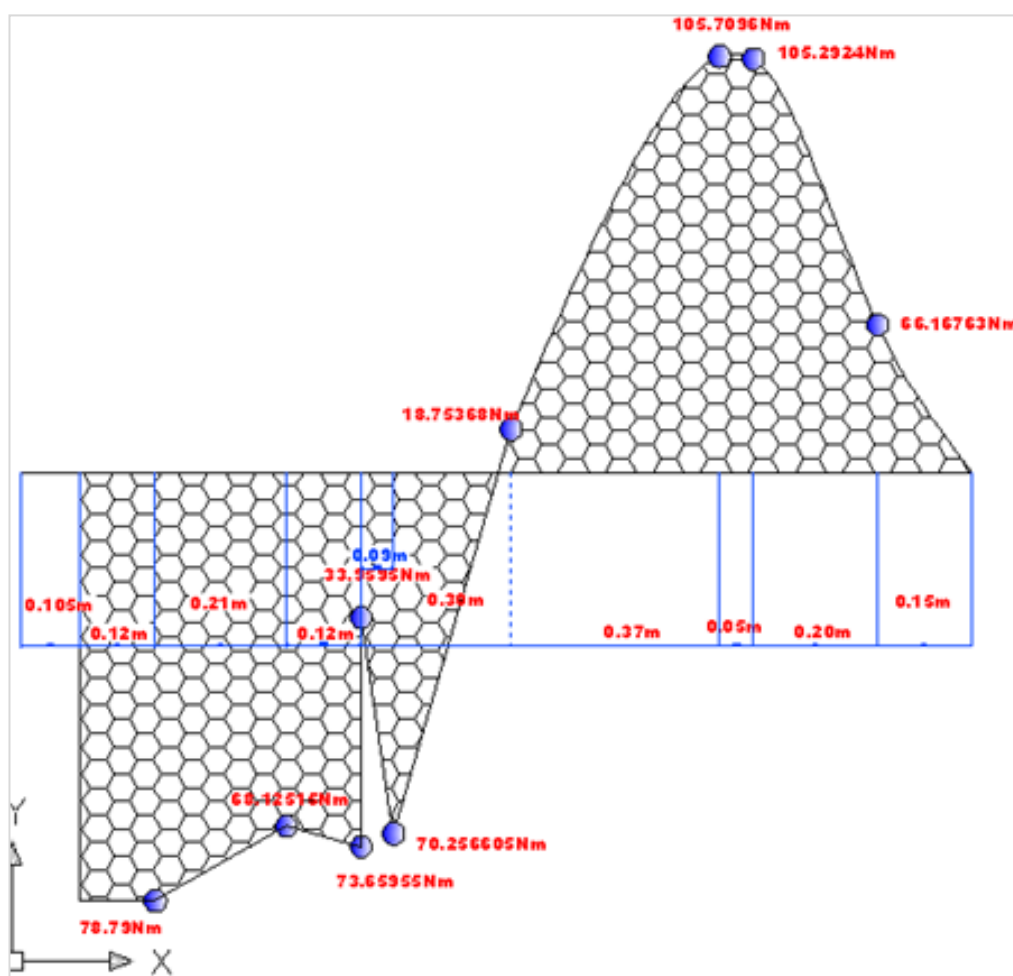


Figura 2.35 Diagrama de momentos de la viga

	+32.17
388.5x0.12	+46.62

	+78.79
	<u>-50.785x0.21</u>
	68.12515
	<u>+46.12x 0.12</u>
	+73.65955
	<u>-39.7</u>
	<u>0.09x376.99+0.09(538.855-376.99)/2</u>
	+70.256605
	<u>-(0.21x235.016+(612.701-235.016)/2)0.21</u>
	-18.75368
	<u>+235.016x0.37</u>
	-105.7096
	<u>+8.344x0.05</u>
	-105.2924
	<u>+195.544x0.02</u>
	-66.167
	<u>+441.244x0.15</u>
	0

Tabla 2.3

2.6 ANALISIS DE LA VIGA CON AYUDA DE UN SOFTWARE

Con la ayuda de un software llamado xvigas.win se pudo comprobar los resultados de los cálculos y los diagramas, este programa es de acceso gratuito y la descarga es a través de internet.

Se seleccionan los siguientes parámetros dentro del programa: tipo de viga, longitud y datos de la misma como se ilustra en la figura 2.36

The screenshot shows the 'Tipo de viga' (Beam Type) dialog box in the xvigas.win software. The dialog box has a title bar 'Tipo de viga' and contains the following fields and options:

- Longitud:** 1.650000
- Tipos de vigas:**
 - 00 · Isostática: Dos apoyos (A)
 - 01 · Isostática: Empotrada a la izquierda (B)
 - 02 · Isostática: Empotrada a la derecha (C)
 - 03 · Isostática: Empotrada a la izquierda y con rótulas y apoyos (D)
 - 04 · Isostática: Empotrada a la derecha y con rótulas y apoyos (E)
 - 05 · Isostática: Sin empotrar y con rótulas y apoyos (F)
 - 06 · Isostática: Biempotrada con apoyos y rótulas (G)
 - 07 · Hiperestática: Empotrada a la izquierda y con apoyos (H)
 - 08 · Hiperestática: Empotrada a la derecha y con apoyos (I)
 - 09 · Hiperestática: sin empotramientos de tres apoyos o más (J)
 - 10 · Hiperestática: Biempotrada con apoyos (K)
- Unidades:** Sist. internacional (longitudes en m, cargas en N, momentos en N·m, elasticidad en KN/cm²)
- Características generales del perfil:**
 - Tipo de perfil:** Rectangular AR2
 - Elasticidad:** 13800.000000 KN/cm²
 - Inercia:** 2.800000 cm⁴
 - Canto:** 80.000000 milímetros
 - Anchura:** 10.000000 milímetros

Figura 2.36 Colocación de datos

Se colocan todos los datos de las vigas por separado, cada carga puntual, momentos puntuales y cargas distribuidas.

Se selecciona la opción cargas puntuales como ilustra la figura 2.37, se coloca cada carga puntual, indicando la distancia con respecto al extremo delantero además de su magnitud.

Lista:			
0	0.105000	388.500000	
1	0.225000	77.839996	
2	0.435000	96.904999	
3	0.555000	330.869995	
4	1.225000	243.360001	
5	1.275000	187.199997	
6	1.475000	215.699997	
7	1.625000	243.360001	

Acciones:

Aceptar

Introducir Eliminar

Copiar Modificar

Introduzca aquí la cota de la carga.
Debe ser mayor que cero y menor que la longitud de la viga.

DISTANCIA MAGNITUD

Distancia: Magnitud:

Figura 2.37 Cargas puntuales de la viga

Se selecciona la opción momentos puntuales como ilustra la figura 2.38, se coloca cada momento puntual, indicando la distancia con respecto al extremo delantero además de su magnitud, si es el momento anti horario se coloca el signo negativo delante de la magnitud..

Lista:			
0	0.105000	32.169998	
1	0.555000	-39.700001	

Acciones:

Aceptar

Introducir Eliminar

Copiar Modificar

Introduzca aquí la cota del momento.
Debe ser mayor que cero y menor que la longitud de la viga.

DISTANCIA MAGNITUD

Distancia: Magnitud:

Figura 2.38 Momentos puntuales de la viga

Se selecciona la opción cargas continuas como ilustra la figura 2.39, se coloca la carga distribuida, indicando la distancia de inicio y fin con respecto al extremo delantero además de su magnitud.



Figura 2.39 cargas distribuidas de la viga.

Se coloca en la parte inicial y se obtiene el grafico de la viga con sus respectivas cargas como se muestra en la figura 2.40.

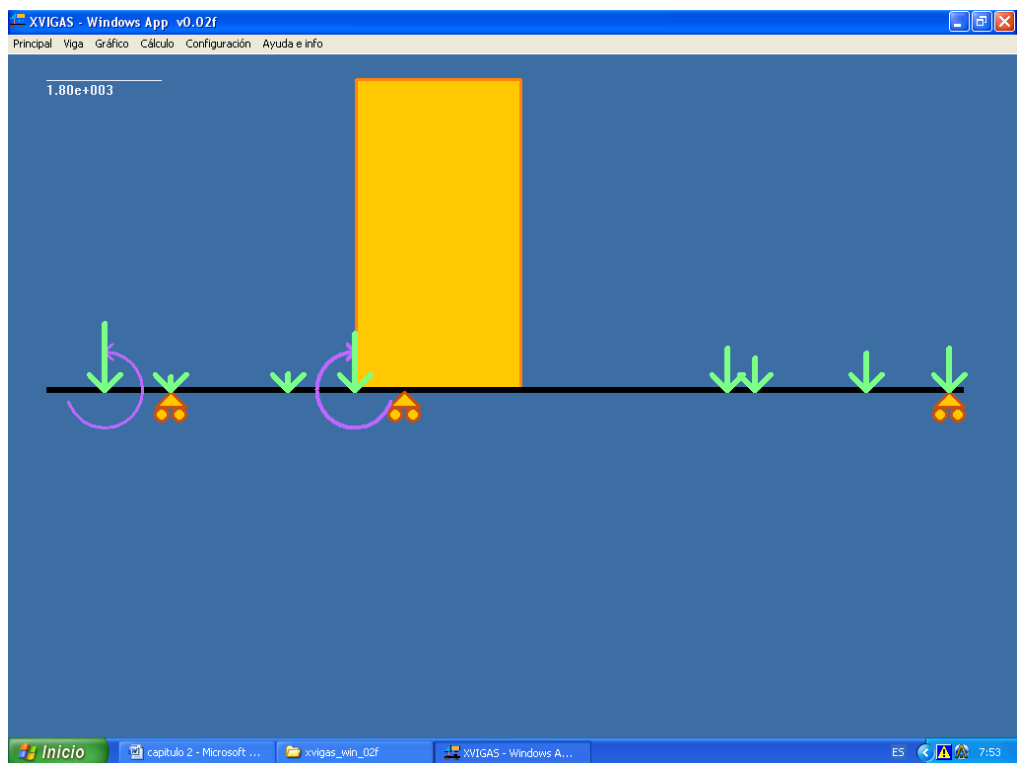


Figura 2.40 Diagrama de la viga.

Se coloca en la opción calcular y se obtiene los siguientes resultados:

Cálculos reacciones en los apoyos como indica la figura 2.41

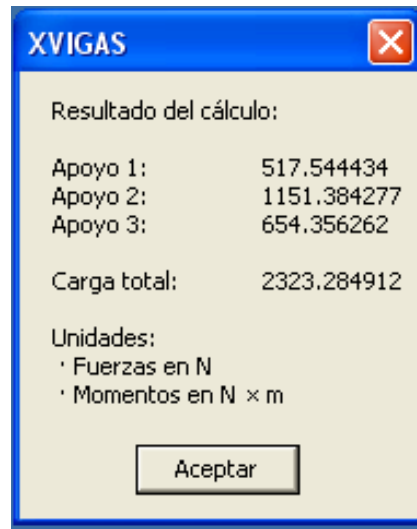


Figura 2.41 Resultado del cálculo

Se coloca en la opción gráficos y se obtiene los diagramas de corte y momento, como se muestran en las figuras 2.42, 2.43.

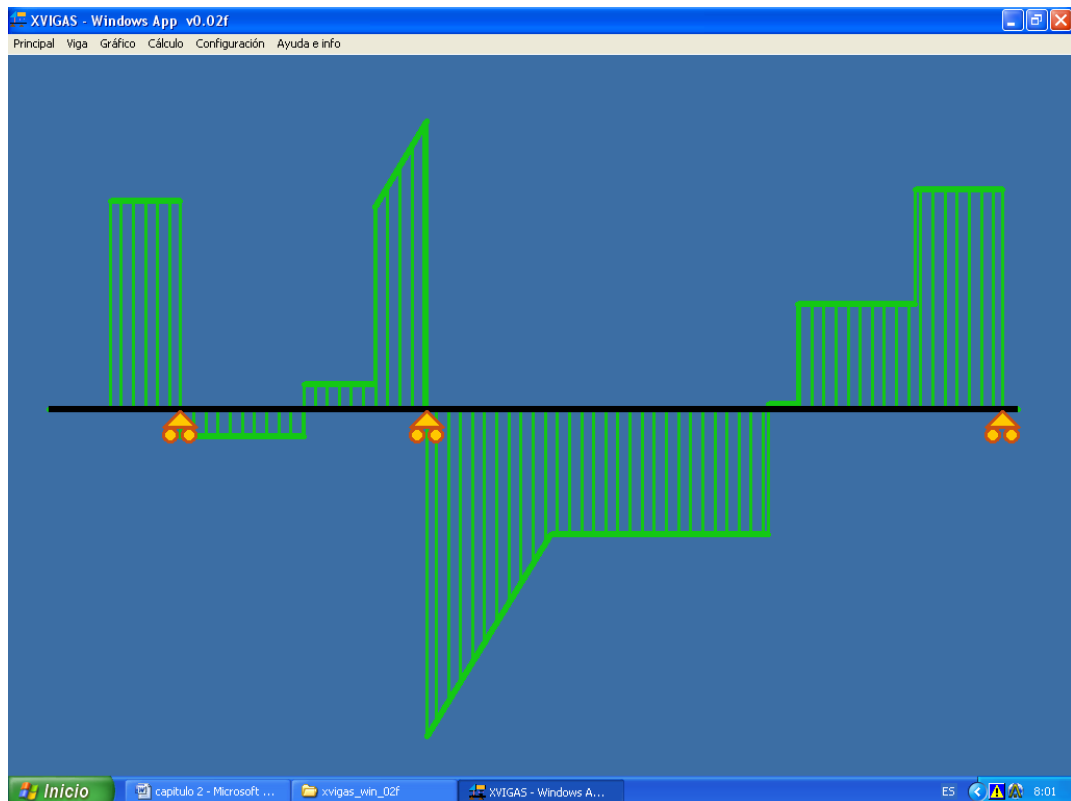


Figura 2.42 Diagrama de fuerza cortante de la viga

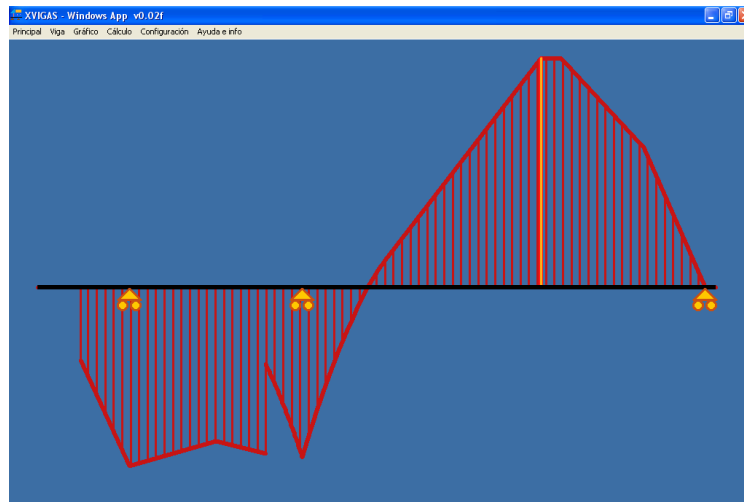


Figura 2.43 Diagrama de momentos de la viga.

Se coloca en la opción sección peligrosa de la viga y se puede obtener la siguiente figura 2.44.

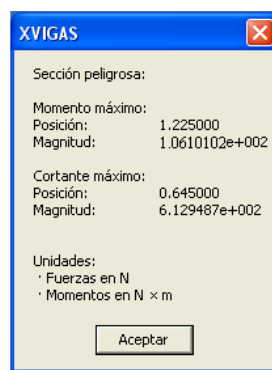


Figura 2.44 Sección peligrosa de la viga

2.7 ANALISIS DE ESFUERZOS DE LA VIGA

Los valores obtenidos de los cálculos y comparados con los del programa son similares ya que varían por unos pocos decimales.

Con los datos calculados de la sección más peligrosa podemos aplicar en la ecuación de esfuerzo máximo [2.28], en donde M es el momento de la sección más peligrosa y S es la modulo de sección de la viga, en el que B es la base y H es la altura, figura 2.5.

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{S} \quad [2.28]$$

$$\sigma_{\max} = \frac{6M}{B(H)^2 - b(h)^2}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{6(105.7096)}{0.005(0.025)^2 - 0.048(0.023)^2}$$

$$\sigma_{\max} = 1082720.382 \text{ Pa}$$

Se calcula el esfuerzo permisible ecuación [2.29], donde P es la fuerza del cortante máximo de la sección más peligrosa y A es el área del perfil de la estructura.

$$\sigma_{\text{per}} = \frac{P}{A} \quad [2.29]$$

$$\sigma_{\text{per}} = \frac{612.701}{0.000146}$$

$$\sigma_{\text{per}} = 4196582.192 \text{ Pa}$$

Los resultados de los esfuerzos son los siguientes, ecuación [2.30]:

$$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{per}} \quad [2.30]$$

$$1082720.382 \text{ Pa} < 4196582.192 \text{ Pa}$$

El esfuerzo máximo es menor al esfuerzo permisible lo que representa que la estructura esta correctamente diseñada, además podemos obtener el factor de seguridad dividiendo el esfuerzo permisible para el máximo, ecuación [2.31].

Factor de seguridad

$$F_s = \frac{\sigma_{\text{per}}}{\sigma_{\max}} \quad [2.31]$$

$$F_s = \frac{4196582.192}{1082720.382}$$

$$F_s = 3.87$$

El resultado del factor de seguridad representa que la viga sometida a mayor esfuerzo de la estructura puede soportar 3,87 veces más su carga.

2.8 ANALISIS DE LA COLUMNA SOMETIDA A MAYOR ESFUERZO

A más de la barra longitudinal de la estructura que mas soporta el peso, también es necesario hacer el análisis de la columna que soporta mayor esfuerzo, es decir, si en el análisis de la columna, se demuestra como en el caso de la viga, que el esfuerzo máximo sea menor al esfuerzo permisible, la estructura esta correctamente diseñada, según el analisis anterior y la reparticion de pesos, la columna que mas soporta es la seccion barras del motor 2, figura 2.45, figura 2.46.

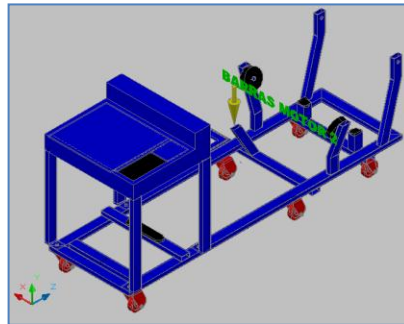


Figura 2.45 Barras motor 2 a

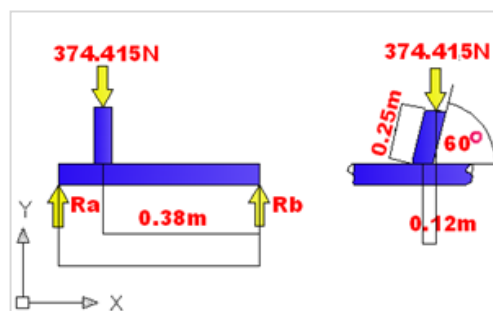


Figura 2.46 Barras motor 2 b

Se determina la longitud efectiva de la columna a analizar, ecuación [2.32], donde L_e es longitud efectiva y L la longitud de la columna barras motor 2:

LONGITUD EFECTIVA

Como la columna es fija en la base y unión del otro extremo la longitud efectiva es:

$$L_e = 2L \quad [2.32]$$

$$2 \times 0.25 = 0.5$$

Se determina la carga crítica P_{cr} , ecuación [2.33], siendo E el modulo de elasticidad, I momento de inercia:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{Le^2} \quad [2.33]$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 (138 \times 10^9) (1.7 \times 10^{-8})}{0.5^2}$$

$$P_{cr} = 110736.914 \text{ N.}$$

La carga crítica con la carga permisible tiene relación directa con el factor de seguridad, el factor de seguridad impuesto 2,5 por lo que se puede determinar el P_{per} , ecuación [2.34]:

$$P_{per} = \frac{P_{cri}}{F_s} \quad [2.34]$$

$$\text{Con } F_s = 2.5$$

$$P_{per} = \frac{110736.914 \text{ N}}{2.5}$$

$$P_{per} = 4429.47845 \text{ N}$$

Con la carga permisible calculada, se puede determinar el esfuerzo permisible, ecuación [2.35] en donde A es el área de la sección del perfil:

$$\sigma_{per} = \frac{P_{per}}{A} \quad [2.35]$$

$$\sigma_{per} = \frac{4429.47845 \text{ N}}{0.000146}$$

$$\sigma_{per} = 3033889.9353$$

Se calcula la modulo de sección del perfil de la viga, ecuación [2.36], donde B es la base y H es la altura como se ilustra en la figura 2.5:

$$S = \frac{1}{6} (BH)^2 \quad [2.36]$$

$$S = \frac{(0.05 - 0.048)(0.025 - 0.023)^2}{6}$$

$$S = 0.000332666 \, m^3$$

Espesor de pared

$$C = 0.02$$

Radio de giro, ecuación [2.37]

$$r = S / \sqrt{12} \text{ radio de giro} \quad [2.37]$$

$$r = 0.000332666 / \sqrt{12}$$

$$r = 96.032 \times 10^{-6} \, m^3$$

Con la longitud de la viga, su condición de estar fija en un extremo y unión en el otro, además de sección de longitud se puede determinar la ecuación de esfuerzo máximo, donde P es la carga aplicada sobre la columna, C espesor de la pared, r radio de giro y la longitud efectiva Le se determina el esfuerzo máximo, ecuación [2.38].

Entre $0 < S < 0.005$ la ecuación es:

$$\sigma_{\max} = \frac{P}{3S} \left(1 + \frac{C}{r} \sec Le \right) \quad [2.38]$$

$$\sigma_{\max} = \frac{374.415}{3(0.000332666)} \left(1 + \frac{0.02}{96.032 \times 10^{-6}} \sec(0.5) \right)$$

$$\sigma_{\max} = 854830.8324 \, \text{Pa}$$

Los resultados de los esfuerzos son los siguientes:

$$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{per}} \quad [2.39]$$

$$854830.8324 \, \text{Pa} < 3033889.9353$$

El esfuerzo máximo es menor al esfuerzo permisible, ecuación [2.39], lo que representa que la estructura esta correctamente diseñada, además podemos obtener el factor de seguridad, ecuación [2.40], dividiendo el esfuerzo permisible para el máximo.

$$F_s = \frac{\sigma_{per}}{\sigma_{max}} \quad [2.40]$$

$$F_s = \frac{3033889.9353}{854830.8324}$$

$$F_s = 3.54$$

La columna tiene un factor de seguridad de 3.54 más el factor colocado anteriormente en el Pcr de 2.5 por lo que el factor de seguridad de la columna es de 6.04 que representa que la columna sometida a mayor esfuerzo de la estructura puede soportar seis veces más su carga.

MEDIDAS TOTALES DE LA ESTRUCTURA

Como el analisis matematico de la estuctura resulta positiva, el diseño esta correcto, las medidas totales de la estructura se ilustran en la figura 2.47

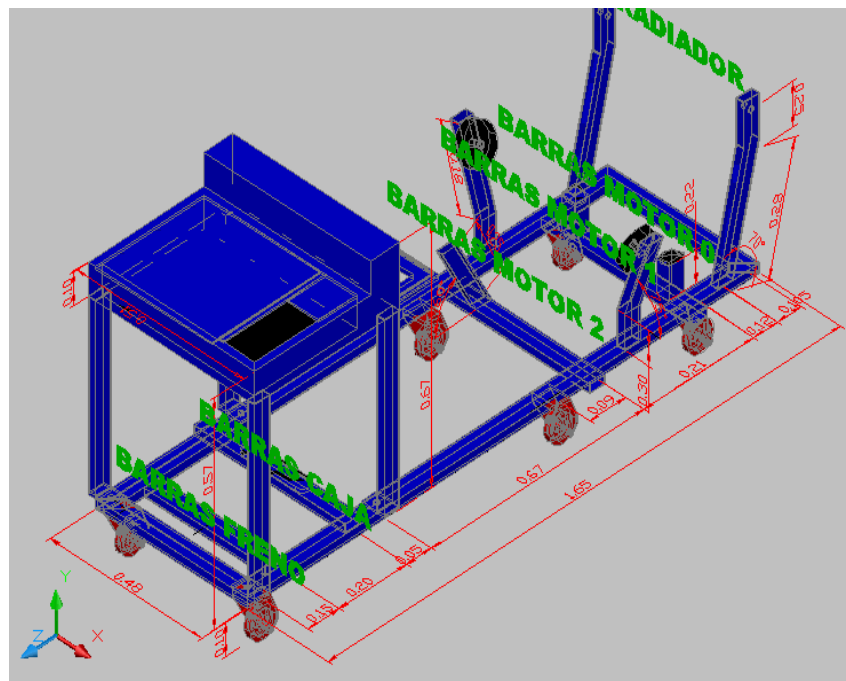


Figura 2.47 Diseño final y medidas totales de la estructura.

2.9 CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA

Posterior al cálculo realizado y conociendo que las vigas que mas esfuerzo sufren lo van a soportar entonces se procede a la construcción para lo cual se utiliza n procesos de mano factura como el cortado, soldado, doblado, taladrado y unión con pernos, los mismos que van a ser lo más detallados posibles.

Para el ensamblado del bastidor se necesitan los siguientes materiales que se detallan en la siguiente figura 2.47 con las medidas respectivas.

Descripción	Cantidad	Función	Medida
Perfil rectangular	2	Vigas delantera y posterior.	
Perfil rectangular	4	Vigas de apoyo de bases del motor, y elementos auxiliares.	
Perfil G	1	Viga de apoyo de base posterior de la caja.	
Perfiles con curvatura	2	Apoyos para el radiador de enfriamiento del motor, y la caja.	
Perfiles C soldados	2	Bases centrales del motor.	
Ruedas	4	Facilitar el movimiento de todo el banco.	
Ruedas	2	Facilitar el movimiento de todo el banco.	
Bases de motor	2	Sujetar el motor y absorber la vibración del mismo.(bases motor Nissan A12)	
Bases de motor	2	Sujetar el motor y absorber la vibración del mismo.(bases motor Chevrolet San Remo)	
Perfil rectangular	2	Base para la batería	
Perfil rectangular	2	Base para la batería	

Tabla 2.47 Descripción de la estructura

El bastidor es ensamblado en su mayoría mediante soldadura eléctrica a excepción de la junta con la consola para el control electrónico y el computador personal que es

unido mediante pernos, lo cual permitirá un montaje o desmontaje sencillo, debido a que se tiene más espacio para acceder a los elementos que se encuentran en la parte inferior de la consola antes mencionada.

Las bases del motor se las coloca minuciosamente, de tal forma que el motor quede correctamente nivelado, en altura y en ángulo, para que la caja pueda ser adaptada con mayor facilidad y tenga un correcto funcionamiento evitando que el convertidor pueda tener desfases que produzcan vibraciones exageradas.

2.9.1 ADAPTACION DE LA CAJA DE CAMBIOS AL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA.

Para acoplar la caja de cambios con el motor de combustión interna que propulsaba un vehículo Chevrolet San Remo se lo efectúa con la ayuda de un torno, la unión o adaptación se lo ejecuta con platinas de acero de 5mm de espesor dispuestas como se observa en la figura 2.48; 2.49; 2.50; las platinas están unidas al volante mediante soldadura en el embrague hidráulico de la caja de cambios, y otras platinas están unidas en el volante motor a través de pernos, los agujeros para unir las platinas se lo realiza con un divisor para garantizar que los taladrados queden concéntricos al centro para evitar posibles vibraciones y que la caja con el motor al unirse no queden correctamente centrados.



Figura 2.48 Adaptación de las platinas para unión volante-convertidor



Figura 2.49 Platinas soldadas al convertidor



Figura 2.50 Sujeción de pernos

Con el fin de sujetar la campana al bloque del motor se han construido unas platinas de acero de 5 milímetros de espesor taladradas y sujetadas con pernos para de esta

manera evitar que la caja de cambios se separe del bloque del motor, figura 2.51; pero al ajustar los pernos que unen las placas y que a su vez unen la caja de velocidades, con el bloque motor se produce el inconveniente de que el la guía del convertidor ingresa de forma excesiva en el eje primario de la caja de cambios, y fricciona con la carcasa de la mencionada caja de velocidades dando a su vez el inconveniente de endurecer y limitar el giro libre del motor y frenándolo por lo que se calibro la entrada de la guía del convertidor con la ayuda de 4 bujes de tubo de hierro que a su vez ayudan a centrar y evitar que el eje primario trabaje descentrado lo que nos podía producir vibración y oscilación y de esta manera dañar los mecanismos en funcionamiento. Figura 2.52; 2.53; 2.54

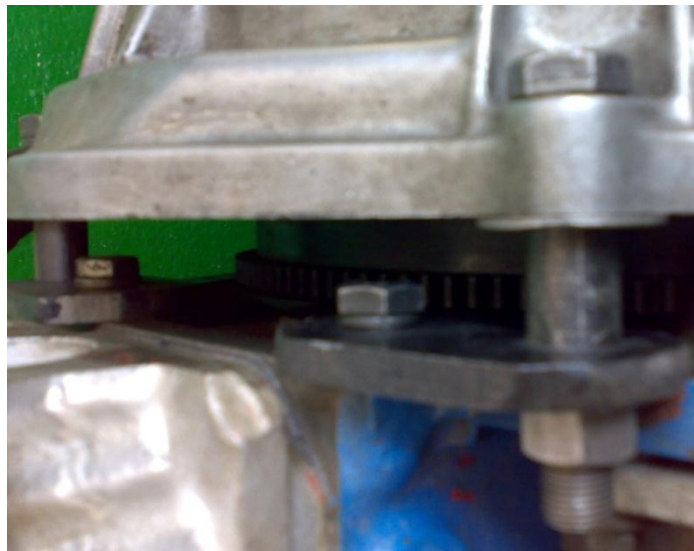


Figura 2.51 Sujeción de la campana al bloque motor



Figura 2.52 Sujeción campana A

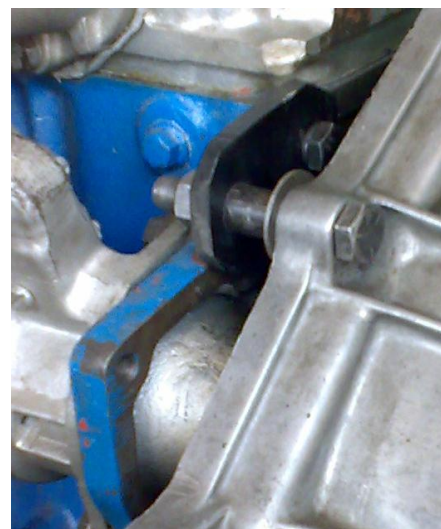


Figura 2.53 Sujeción campana B

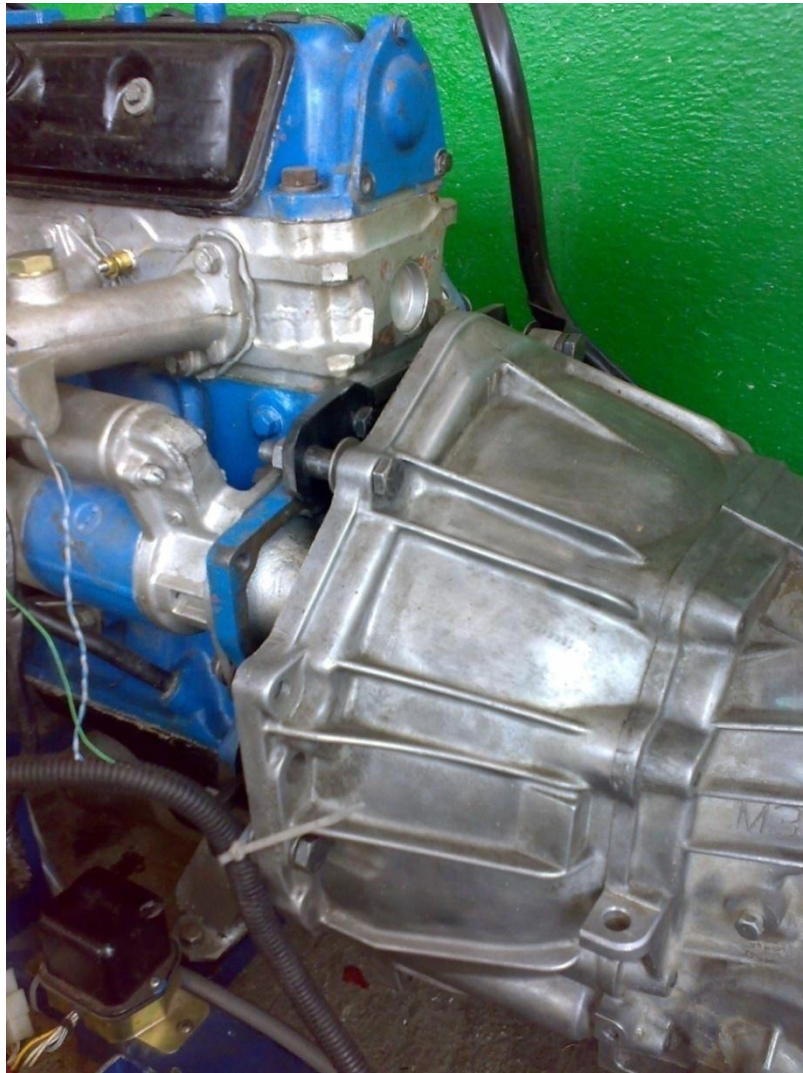


Figura 2.54 Acople de la caja - motor

2.10 ADAPATACION Y MONTAJE DE LOS ELEMENTOS AUXILIARES

2.10.1 MONTAJE DEL SISTEMA DE FRENADO DEL EJE DE SALIDA DE LA CAJA.

En el eje de salida de la caja de cambios es necesario adaptar un estriado que permita tomar en movimiento del eje de salida de la caja y que a su vez permita también hermetizar la o evitar que el aceite se derrame por la carcasa, esto se debe a que esta transmisión estaba equipada con la caja de transferencia, pero de acuerdo a la limitación del proyecto se ha desmontado, pero al mismo tiempo no se posee la campana que sujeta al reten para evitar el derrame del aceite por la parte posterior de la caja de cambios para lo cual se ha fabricado un tapón en forma de disco que ajuste

la parte interior de la carcasa, y en el centro permita colocar un retenedor que a su vez hermetice al colocar el buje estriado en el eje de salida como se muestra en la figura 2.55.



Figura 2.55 Tapón de disco

Al buje estriado de que acopla con el eje de salida de la caja, está unido con una junta de cardan, la misma que permite tener mayor versatilidad para la toma del movimiento, y para frenar el eje de salida y poder realizar los cambios necesarios en la palanca selectora de acuerdo con las necesidades. Figura 2.56.



Figura 2.56 Junta cardan

En la junta de cardan esta soldado un disco de acero de 5mm con perforaciones concéntricas que coinciden con la medidas de los perno de un tambor de freno mediante los cuales se sujetan entre estos elementos mencionados para que a través de un sistema de zapata se produzca el frenado del eje de salida, figura 2.57.



Figura 2.57 Acoplamiento del freno de disco

El sistema de freno está instalado sobre una viga con la ayuda de una base de hierro de construcción propia, que permita una sujeción segura del sistema al banco; para reducir el impacto producido por el torque se ha instalado un amortiguador y un resorte de la suspensión de una motocicleta tipo cuadro, figura 2.58; 2.59.



Figura 2.58 Sujeción del freno a la estructura



Figura 2.59 Amortiguación del freno

El frenado se producirá mediante un sistema hidráulico de pedal, figura 2.60



Figura 2.60 Sistema de freno hidráulico

2.10.2 SISTEMA DE FRENO

Cálculos la fuerza de periférica del sistema de frenos, siendo de tipo “tambor zapata” ilustrado en la figura 2.61 para determinar la fuerza aplicada sobre el tambor, así al aplicar el freno, poder realizar el cambio de posición en la palanca de la caja de cambios.

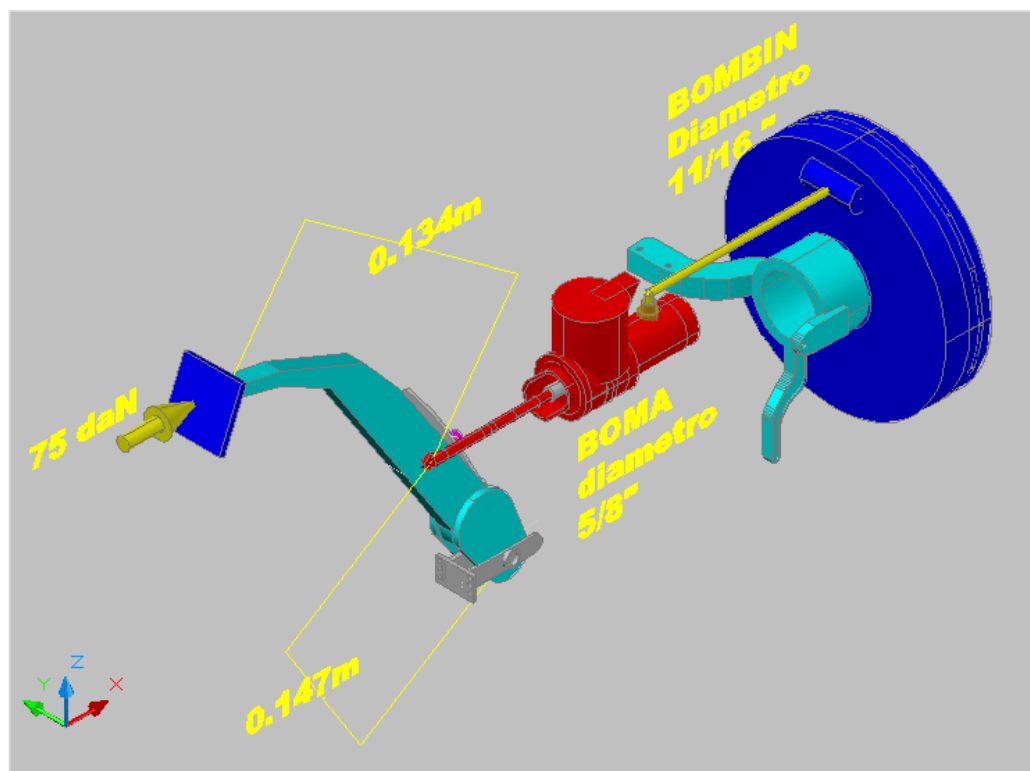


Figura 2.61 Esquema del sistema de freno hidráulico Tambor- Zapata

Se aplica la ecuación [2.41] en donde F_1 es la fuerza sobre el pedal, 75 daN aproximadamente lo que un hombre promedio ejecuta al pisar el pedal, R_1 es la distancia del pedal al punto de giro, R_2 es la distancia del punto de giro hacia la salida del mecanismo, F_2 es la fuerza de salida hacia la bomba, que es la que hay que calcular:

$$F_1 \times R_1 = F_2 \times R_2 \quad [2.41]$$

$$75 \text{ daN} \times 28.1 \text{ cm} = F_2 \times 14.7 \text{ cm}$$

$$F_2 = 143.367 \text{ daN} = \text{fuerza en la bomba}$$

Se calcula la presión en la bomba, ecuación [2.42] en donde F_b es la fuerza en la bomba y A_b es el área del cilindro interior de la bomba.

Diámetro del cilindro de la bomba: 1.5875 cm

$$P_B = \frac{F_B}{A_B} \quad [2.42]$$

$$P_B = \frac{43.367 \text{ daN}}{\pi d^2 / 4}$$

$$P_B = \frac{43.367 \text{ daN}}{\pi (1.5875 \text{ cm})^2 / 4}$$

$$P_B = 72.4322 \text{ daN/cm}^2 = \text{Presión de la bomba}$$

Se calcula la fuerza de apriete, ecuación [2.33], en donde P es la presión de la bomba y S es el área del bombín.

Diámetro del cilindro del bombín: 1.74625 cm

$$F_A = P \times S \quad [2.43]$$

$$F_A = 72.4322 \text{ daN/cm}^2 \times \pi (1.74625 \text{ cm})^2 / 4$$

$$F_A = 173.47 \text{ daN} = \text{Fuerza de apriete}$$

Se determina el coeficiente de rozamiento dinámico, para un freno de tambor tipo simplex= $U_d=0,35$, se obtiene el valor característico de los frenos C de la figura 2.62.¹²

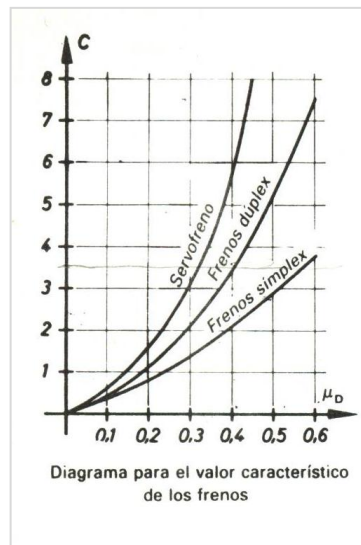


Figura 2.62 Diagrama para el valor característico de frenos.

En la figura 2.62 para obtener el valor característico de los frenos C, primero se define en la figura la línea que corresponde a los frenos tipo simplex, luego con el coeficiente de fricción dinámico $U_d= 0,35$ que corresponde al eje x de la grafica trazamos una paralela al eje Y, y donde cruza con la línea frenos simplex, se traza una paralela al eje x y se obtiene el valor de $C=1,7$.

En la ecuación de fuerza periférica, ecuación [2.44], se reemplaza C y la fuerza de apriete F_a :

$$F_p = C \times F_A \quad [2.44]$$

$$F_p = 1.7 \times 173.47 \text{ daN}$$

$$F_p = 294.906 \text{ daN} = \text{Fuerza periférica.}$$

Bajo las condiciones a las cuales va a operar el banco el freno presenta una fuerza de apriete apropiada.

¹² H Kindler, MATEMATICA APLICADA PARA LA TECNICA DEL AUTOMOVIL, 2º Edición edición G. México 1995, p 315.

2.10.3 ADECUACION DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA TRANSMISIÓN.

Con el fin de mantener el aceite de la caja de cambios a temperatura de funcionamiento, y tomando los parámetros propios de una caja de esta naturaleza el enfriador de aceite debe estar inmerso en el radiador del motor.

El enfriador de aceite de la transmisión se lo ha hecho colocar en el depósito inferior del radiador, debido a que esta es la parte más fría del sistema de refrigeración de un motor de combustión interna; el enfriador de aceite utilizado es de tipo túnel, que tiene dos paredes con diámetros diferentes y unidos con soldadura en los bordes, figura 2.63, el aceite a ser enfriado circula entre estas paredes y el agua o refrigerante circula por el exterior de la cavidad que se forma entre las paredes antes mencionadas, produciéndose el intercambio de calor por conducción. La adaptación del enfriador en el radiador se muestra en la figura 2.64.¹³



Figura 2.63 Enfriador de aceite



Figura 2.64 Adaptación del enfriador de aceite al radiador

¹³ <http://abletechengineering.com/products>

El aceite circula de la transmisión hacia el enfriador, y del enfriador retorna a la transmisión mediante cañerías metálicas flexibles, originales de la transmisión, que han sido moldeadas a las características y al espacio disponible en el banco, figura 2.65



Figura 2.65 Cañerías de lubricación del aceite de la caja de cambios

2.10.4 INSTALACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL Y MONITOREO

2.10.4.1 INSTALACION DEL SISTEMA DE ACELERACION DEL MOTOR.

El variación de las revoluciones del motor de combustión interna son controladas desde el ordenador a través de un servomotor de marca HITEC HS-422; que opera la mariposa de gases del carburador, calibrando su apertura y a su vez las revoluciones según las condiciones necesarias para la simulación del funcionamiento.

El servomotor está instalado en el carburador mediante una platina que se atornilla en el carburador, figura 2.66, y que sujeta el servomotor, para que a través de palancas produzca la variación en el ángulo de apertura de la mariposa de gases del carburador, figura 2.67.



Figura 2.66 Adaptación del servo motor



Figura 2.67 Unión del servo con el carburador

2.10.4.2 INSTALACION DEL SENSOR DE REVOLUCIONES DEL MOTOR.

Las revoluciones del motor es censado atreves de la adaptación de un sensor de tipo inductivo. Figura 2.68



Figura 2.68 Sensor inductivo

El sensor al igual que el servomotor está montado sobre una platina que esta sujeta al lado lateral derecho del motor mediante un perno; el sensor toma las señales de un pequeño buje soldado a la polea del motor. Figura 2.69.

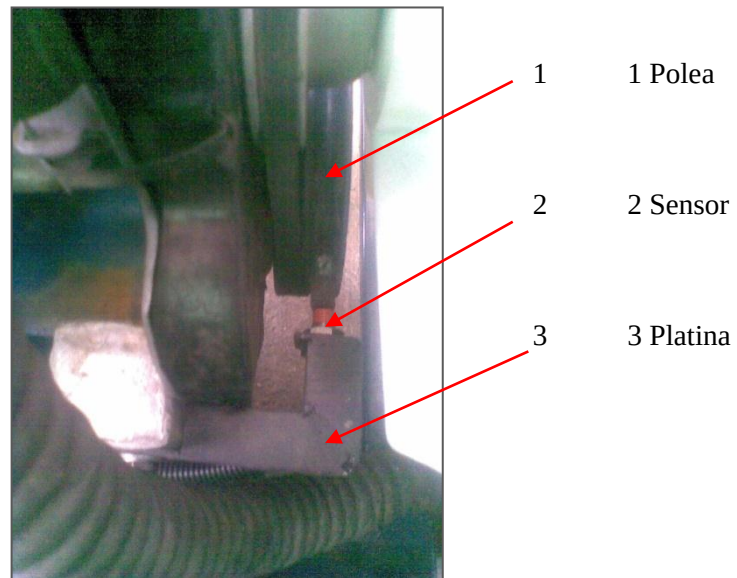


Figura 2.69 Adaptación del Sensor de r.p.m. de ingreso de la transmisión

2.10.4.3 INSTALACION DEL SENSOR DE REVOLUCIONES DE TRANSMISIÓN.

El sensor se coloca sobre una platina a igual que el de revoluciones del motor, y la platina esta sujeta a la carcasa de la transmisión mediante un perno y una tuerca, el sensor es de tipo inductivo toma la señales de un cilindro de acero sujeto a través de abrazaderas al buje estriado en el eje de salida de la caja de cambios. Figura 2.70,

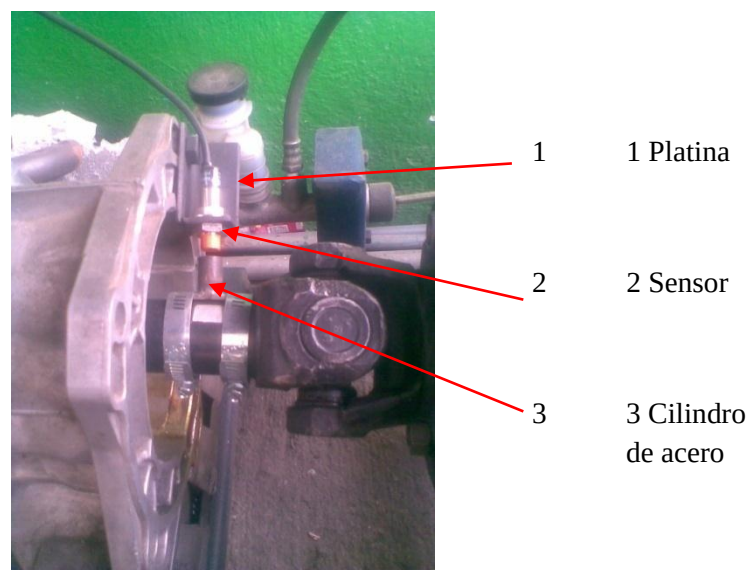


Figura 2.70 Adaptación del Sensor de r.p.m. de salida de la transmisión

2.10.5. CONSTRUCCION DE LA CONSOLA PARA LOS CONTROLES ELECTRONICOS, INDICADORES DEL MOTOR, PALANCA SELECTORA DE CAMBIOS, Y EL ORDENADOR PERSONAL.

Debido a que los elementos que se deben colocar en una consola el diseño adoptado posee un compartimiento en el que se sitúan los elementos para el control electrónico y las instalaciones necesarias. La consola está construida en hierro con perfil cuadrado y el compartimiento está construido de igual forma con placas metálicas delgadas; y esta elevada del bastidor que sustentan la caja de cambios, el motor y los elementos auxiliares, una altura prudencial para evitar el calor generado por el funcionamiento, para dar comodidad a al personal que ejecute la simulación del banco. Figura 2.71

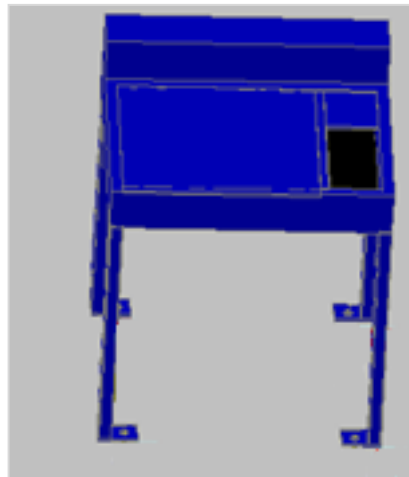


Figura 2.71 Mesa

En el compartimiento también se incorporan las instalaciones de los indicadores del estado del motor como la luz testigo del sistema carga de la batería, la luz testigo de la presión de aceite del motor, y el manómetro de temperatura del líquido refrigerante del motor. Cabe destacar que el compartimiento está cubierto por una placa de metal delgado, que tiene un sistema de bisagra para su apertura y cierre, y es en esta placa donde reposa el ordenador en el momento de la simulación. El compartimiento, y la posición del ordenador se observan claramente en la figura 2.72



Figura 2.72 Posición de los elementos en la mesa.

2.10.5.1 INSTALACION DE INTERRUPTOR DE ENCENDIDO DEL MOTOR E INDICADORES DE SISTEMA DE CARGA DEL ALTERNADOR, PRESION DE ACIETE, Y TEMPERATURA DEL MOTOR.

Para encender el motor se utiliza un switch de encendido normal, con el que se acciona el motor de arranque, y el sistema de encendido del motor, para iniciar de esta manera su funcionamiento.

El swtich de encendido también controla la iluminación de las posiciones de la palanca selectora, y también alimenta todas las luces y manómetros indicadores, de estado del motor como la luz testigo del sistema de carga de la batería, la luz testigo de presión de aceite del motor, y el manómetro de temperatura del líquido refrigerante del motor.

El swtich de encendido, la luces testigo de carga de la batería, de presión de aceite, y el manómetro de temperatura se muestran en la figura 2.73



2.10.6 ADECUACION DEL SISTEMA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE PARA EL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA.

El sistema que proveerá de combustible al motor, se constituye de un tanque de combustible metálico estriado de una motobomba, este depósito se los instalado, en la parte posterior de la consola, a la misma altura que se encuentra el carburador, para evitar así un posible desabastecimiento de gasolina, el sitio que se ha escogido para la para el depósito, también se encuentra lejos del tubo de escape, dando de esta manera seguridad en este tema. La posición en la que se encuentra el depósito de combustible se observa en la figura 2.74

Figura 2.73 Indicadores generales



Figura 2.74 Adaptación del tanque de combustible

La transferencia de combustible desde el depósito hacia el carburador se lo realiza a través de la bomba mecánica de combustible que dispone el motor el combustible viaja por una cañería de caucho, durante la transferencia se ejecuta también la depuración de los sedimentos del combustible por medio del filtro que se observa en la figura 2.32. El carburador de este motor necesita una cañería de retorno del exceso de combustible hacia el depósito de combustible, para lo que se ha instalado una cañería de caucho similar a la de alimentación; esta cañería está conectada en la parte superior del depósito. Las cañerías de alimentación y de retorne difieren en el color siendo la más oscura la cañería de retorno. Figura 2.75



Figura 2.75 Cañerías del tanque de combustible.

CAPITULO III

CAPITULO III

DISEÑO DEL PROGRAMA FUNCIONAL ESQUEMATICO DE LAS MARCHAS MEDIANTE LABVIEW

3.1 ANALISIS DE LOS PARAMETROS PARA EL DESARROLLO DEL PROGRAMA.

Como se indica en el capítulo uno, este tipo de caja utiliza un control electrónico, los sensores: revoluciones del motor CKP (posición del cigüeñal) o CMP (posición del árbol de levas), sensor de velocidad del vehículo VSS, sensor de temperatura TFT , sensor de posición de mariposa de gases TP, conmutadores de presión del aceite de la transmisión PSA juntos con los relés de activación de encendido, son los sensores que involucran en la transmisión automática, los actuadores que se incluyen son: solenoide de desplazamiento 1-2, solenoide de desplazamiento 2-3, solenoide de control de presión, solenoide de control 3-2, solenoide TWM y solenoide TCC, además la interacción de la transmisión lo realiza el computador del vehículo en el cual su software permite que la transmisión funcione apropiadamente y sin errores, bajo todas las condiciones a las que se le sometan al vehículo, en la siguiente tabla 3.1 del manual de General Motors Company, muestra la variación de los cambios en relación de la carga de motor y las r.p.m. de salida de la caja que se emplean en motores de cilindraje desde 2,2L a 3,5 l., la carga esta en función por la posición de la mariposa TPS y las r.p.m. atreves del sensor de velocidad del vehículo, por lo que el torque del motor está directamente relacionado con las revoluciones por minuto, ya que el torque es la relación entre fuerza por una distancia aplicada, la fuerza implica una masa por la aceleración, la aceleración involucra velocidad y la velocidad implica directamente las revoluciones en este caso del motor, es por este motivo que la tabla 3.1, tiene diferentes rangos de r.p.m. dependiendo del cilindraje de cada motor. ¹

¹ GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p 450-451

HYDRA-MATIC 4L60-E SHIFT SPEED CHART

ENGINE	BODY	AXLE RATIO	1-2 SHIFT RPM			2-3 SHIFT RPM			3-4 SHIFT RPM		
			TPS			TPS			TPS		
2.2L			10	25	50	10	25	50	10	25	50
(LM2)	S	4.10	506	795	1293	1043	1641	2337	1481	2100	3430

ENGINE	BODY	AXLE RATIO	1-2 SHIFT RPM			2-3 SHIFT RPM			3-4 SHIFT RPM		
			TPS			TPS			TPS		
			10	25	50	10	25	50	10	25	50
4.3L (L35)	S/T	3.08/3.42	566	828	915	1090	1526	1787	1438	1918	2658
	M/L	3.42/3.73	566	828	915	1090	1526	1787	1438	1918	2658
4.3L (L84)	G	3.42/3.73	479	654	959	872	1264	1918	1395	1831	2572
	CK	3.08/3.42	479	654	959	959	1264	1918	1395	1831	2572
	CK	3.73/4.10	523	697	784	1002	1351	1613	1395	1831	2572
	M	3.23	479	654	959	959	1526	1918	1395	1831	2572
	M	3.42	523	784	1046	915	1438	1962	1395	1918	2658
	S/T	3.08/3.42	479	654	959	915	1526	1918	1395	1831	2572

ENGINE	BODY	AXLE RATIO	1-2 SHIFT RPM			2-3 SHIFT RPM			3-4 SHIFT RPM		
			TPS			TPS			TPS		
			10	25	50	10	25	50	10	25	50
5.0L (L03)	C10/G10/G20	3.08	481	666	851	777	1184	1591	1184	1605	2479
	C20/K10/K20	3.42									
	C10/G10/G20	3.42	529	773	936	814	1302	1750	1221	1668	2482
	C20/K10/K20	3.73									
	G20	3.73	536	849	938	854	1385	1788	1251	1698	2503
	C20/K10/K20	4.10									

ENGINE	BODY	AXLE RATIO	1-2 SHIFT RPM			2-3 SHIFT RPM			3-4 SHIFT RPM		
			TPS			TPS			TPS		
			10	25	50	10	25	50	10	25	50
5.7L (L05)	C10/G10/G20	3.08	444	629	851	777	1184	1591	1184	1628	2479
	C20/K10/K20	3.42									
	C10/G10/G20	3.42	447	691	936	814	1302	1709	1221	1668	2482
	C20/K10/K20	3.73									
	C10/G20	3.73	491	759	938	854	1385	1788	1251	1698	2503
	C20/K20	4.10									

ENGINE	BODY	AXLE RATIO	1-2 SHIFT RPM			2-3 SHIFT RPM			3-4 SHIFT RPM		
			TPS			TPS			TPS		
		TPS	10	25	50	10	25	50	10	25	50
6.5L (DISEL)	G	3.42	370	534	822	698	1068	1644	1315	1561	2096
	G	3.08	370	518	814	703	1073	1685	1295	1554	2109
	C10	3.42	370	534	822	698	1068	1644	1315	1561	2096
	C20/K	3.73									
	C10	3.08	370	518	814	703	1036	1685	1295	1517	2109
	C20/K	3.42									
	G	3.73	358	537	806	716	1075	1657	1299	1568	2105

1. ALL SPEEDS ARE GIVEN IN TRANSMISSION OUTPUT SHAFT RPM
2. SPEEDS ARE BASED ON PERCENT THROTTLE POSITION SENSOR (TPS) DATA
3. ALL SHIFT SPEEDS ARE APPROXIMATE

SH3009-4L60-E

4L60-E Shift Speed Chart

Tabla 3.1. Parámetros para los cambios de marcha.

3.1.1 SENSORES Y ACTUADORES

Hay una variedad de sensores y actuadores para el control de esta transmisión automática THM 350 4L60 E, así, en algunos vehículos que traen este tipo de caja como la MINI BLAZER utilizan como señal de ingreso de r.p.m. a la caja (rpm del motor) el CKP (posición del cigüeñal) o el CMP (posición del árbol de levas) y otros vehículos como la CHEYENNE toman la señal de la bobina de encendido.

En la siguiente figura 3.1 se indica los sensores y actuadores para el control de esta transmisión.²

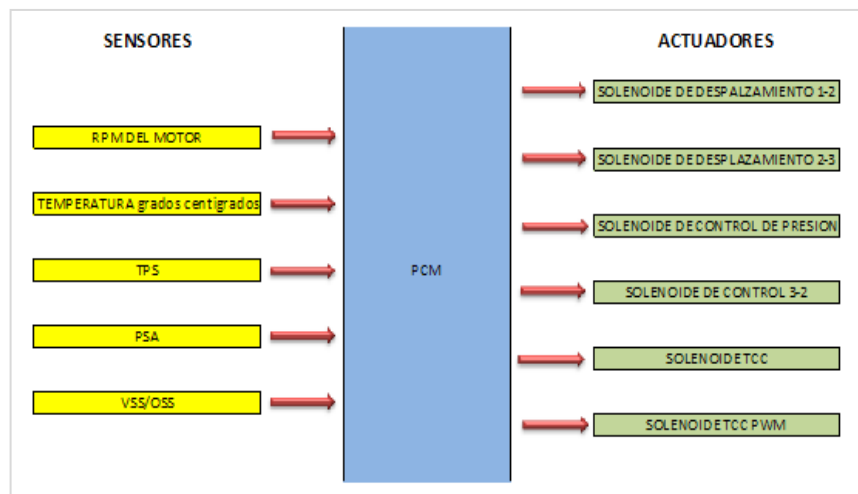


Figura 3.1 Sensores y actuadores de la transmisión automática

3.1.2 SENSORES

RPM DEL MOTOR:

El PCM emplea las r.p.m. del motor para controlar la transmisión. Las r.p.m. está determinada por los sensores de la posición del árbol de levas o por el sensor de posición del cigüeñal, en el caso de la maqueta el sensor está adaptado por un sensor de tipo inductivo.

SENSOR DE LA TEMPERATURA DEL ACEITE DE LA TRANSMISIÓN (TFT):

El sensor TFT se utiliza como ayuda para controlar la aplicación del TCC y para la calidad de cambio de marcha.

SENSOR DE POSICIÓN DE MARIPOSA DE GASES TP:

² Referencia GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p 454-457

Este mide la cantidad de apertura de la placa de mariposa de gases e indica la carga del motor.

CONMUTADORES DE PRESIÓN DEL ACEITE DE LA TRANSMISIÓN (PSA):

El PSA emplea cinco conmutadores de presión para informa al PCM del rango de marchas que se ha seleccionado y se ha activado hidráulicamente.

SENSOR DE VELOCIDAD DE SALIDA (OSS/VSS):

Atraves de la generación de impulsos el sensor (OSS/VSS) informa al PCM de la velocidad del eje de salida de la transmisión y de la velocidad del vehículo, en el caso de la maqueta el sensor está adaptado por un sensor de tipo inductivo.

3.1.3 ACTUADORES

SOLENOIDES DE CAMBIO 1-2 Y 2-3:

Los solenoides de cambio 1-2 y 2-3 controlan el movimiento de las válvulas de control, cuando los solenoides están inactivos, la presión de aceite puede desarrollarse y las válvulas se mueven hacia la derecha. Los solenoides de cambio se activan y desactivan en cuatro combinaciones para producir el movimiento de las válvulas necesario para engranar las cuatro marchas hacia adelante.

SOLENOIDES DE CONTROL DE PRESIÓN (PCS):

Adosado al cuerpo de válvulas, el PCS controla la presión de línea moviendo su válvula de regulación interna contra la presión de un muelle, figura 3.2. El aceite que se deja pasar por el PCS actúa sobre la válvula de refuerzo en la base de la válvula de regulación de presión principal.³

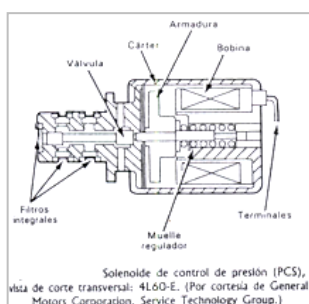


Figura 3. 2 Sección del solenoide de control de presión

³ Referencia GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p 558

El PCM varía la presión en línea en respuesta a la carga del motor. Variando el amperaje de entrada al PCS se altera la presión en línea. Un bajo amperaje, de 0,1 amperios, produce alta presión, mientras que un incremento de 1,1 amperios hace que el PCS proporcione baja presión. El solenoide funciona de acuerdo con un factor de trabajo y en respuesta a la cantidad de flujo de corriente.

SOLENOIDE DE CONTROL 3-2:

Este solenoide con un factor de trabajo es responsable de controlar la reducción 3-2. Montado sobre el cuerpo de válvulas regula la temporización y la liberación del embrague 3-4 y la aplicación de la cinta de freno 2-4.

SOLENOIDE DEL EMBRAGUE DEL CONVERTIDOR DE PAR (TCC):

El solenoide del TCC funciona como una válvula de descarga de presión cuando se desenergiza. Cuando el PCM le ordena que se active, el solenoide del TCC deja de liberar aceite de señal del convertidor y permite que se cree presión en contra de la válvula de aplicación del embrague del convertidor. La válvula del convertidor se reposiciona y el embrague del convertidor se acopla, se energiza para los cambios 3 y 4 cuando la temperatura del aceite de la transmisión está bajo los 70 grados centígrados.

SOLENOIDE TCC PWM:

Es usado para control de activación del TCC, funciona en todos rangos de cambio, menos en park, neutral, reverse.⁴

3.2 ANALISIS DEL DIAGRAMA DE CONTROL DE LA CAJA DE CAMBIOS AUTOMATICA.

3.2.1 DIAGRAMA DE CONTROL DE LA CAJA DE CAMBIOS AUTOMATICA.

El sistema de transmisión el cambio de una marcha a otra tiene que estar controlado para que sólo se efectúe en las condiciones adecuadas. Hay dos factores principales a controlar como indica la figura 3.3: **Velocidad del coche** (sensor de velocidad) y

⁴ GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p 459-462

abertura del paso de combustible (posición de la **mariposa**) así como indica figura 3.3.

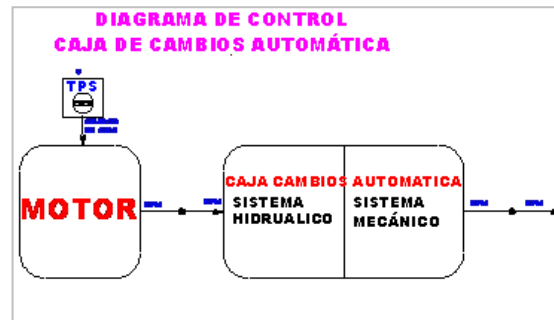


Figura 3. 3 Diagrama de control A

La señal de r.p.m. del motor que es la señal de entrada a la caja, es importante ya que hay una relación directa entre las r.p.m. del motor con la velocidad de salida de la caja mediante la relación de transmisión de cada una de las marchas.

Las señales anteriores van a la computadora o unidad de control la cual actúa según su programa sobre los relés que permiten que el sistema hidráulico de la caja activen los diversos embragues y modifiquen el movimiento del tren epicicloidal (Sistema mecánico) para proporcionen los cambios, además es importante la señal de ingreso del PSA para determinar la posición de la palanca de cambios figura 3.4, los transductores son los que permiten hacer cambios de unidad, es decir de r.p.m., temperatura, etc, a otro en este caso voltaje para ingreso a la computadora o unidad de control.

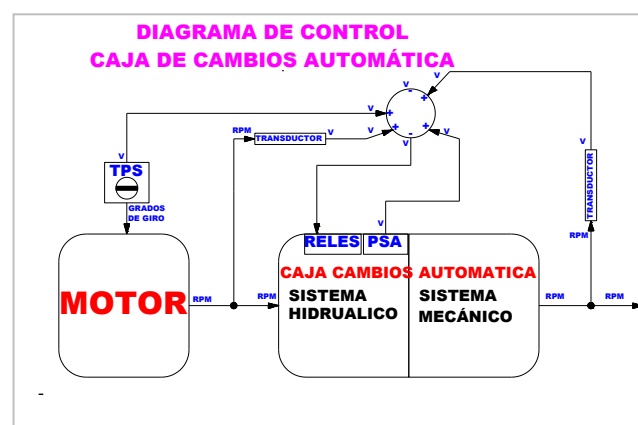


Figura 3.4 Diagrama de control Caja Automática A

El sensor de temperatura es importante para determinar la rapidez de cambio, una temperatura adecuada para el cambio esta entre los 70 a 80 grados centigrados, menores a estas temperaturas se indica que es un cambio lento o prolongado, por este

motivo actua el TCC, siendo aplicado solo para 3 y 4 marcha (Solenoid Tcc energizado), para 1 y 2 marcha el TCC no es aplicable por que son cambios fuertes. En el caso de la maqueta para la refrigeracion del liquido de la caja la adaptamos un radiador de aceite colocado dentro del radiador del motor de la maqueta como se muestra en la figura 3.5.

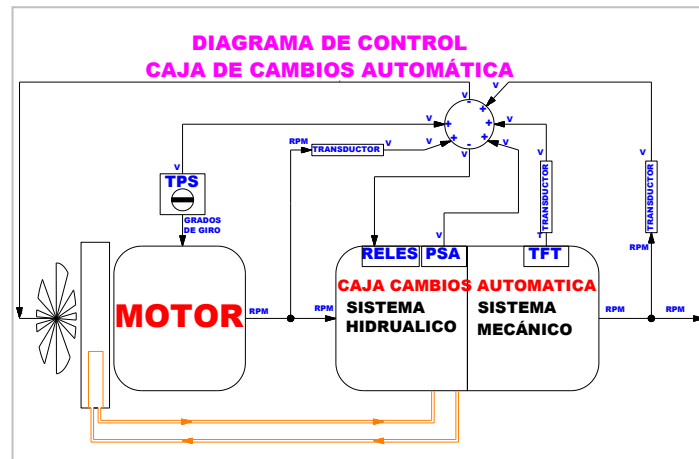


Figura 3.5 Diagrama de control Caja Automática B

La temperatura es controlada por la computadora activando un ventilador que enfría el refrigerante del motor y el aceite de la caja, en la maqueta el problema resulta que el motor como es adaptado se calentaba, por lo que se utiliza el propio ventilador que está directamente unido al eje del cigüeñal del motor de combustión interna, por eso el sensor de temperatura solo se utiliza para la visualización en el computador, además los cambios van a ser prolongados (lentos) ya que el ventilador va a estar siempre funcionando, lo que significa que el solenoide TCC debería ser energizado en 3 y 4 marcha, pero como los diagramas de los circuitos hidráulicos dados por el manual de Generl Motors Company como ejemplo en el diagrama de overdrive fourth gear esta aplicado el TCC, en la programación la aplicaremos en cuarta marcha con fines que coincida con los diagramas representados en la programación, como esta caja es una maqueta para la visualización de su funcionamiento se va a pasar en alto este problema figura 3.6.

Otro factor importante es la posición de la palanca de cambios que atreves de los P.S.A. y una caja de activación de relés (ubicada en la parte exterior de la caja), estos delimitan los cambios y si no están funcionando adecuadamente el vehículo no enciende (la caja de activación de relés están sustituidos por sensores adecuados en cada posición de la palanca).

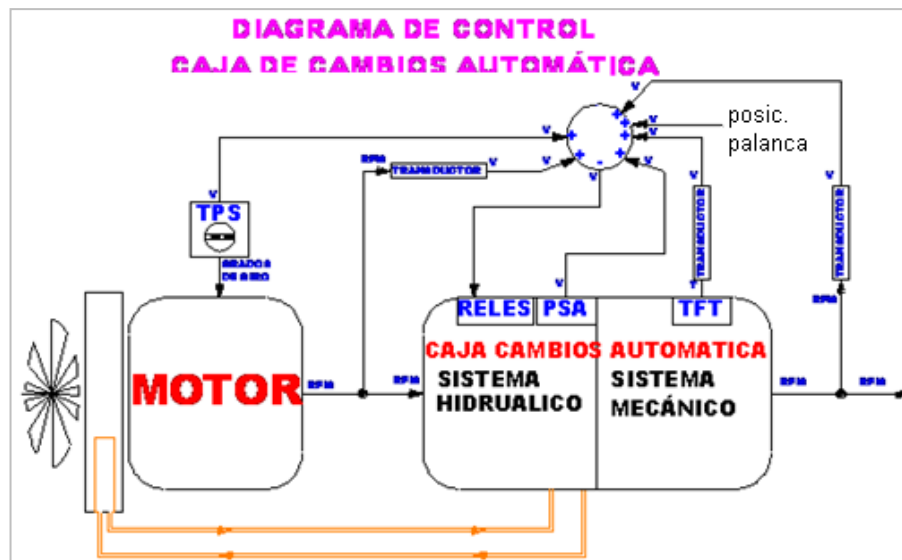


Figura 3.6 Diagrama de control Caja Automática C

Además el computador toma otras señales, mientras más señales el computador tome para el funcionamiento de la transmisión, más eficiente va a ser la misma y más segura, como por ejemplo, la señal del sensor M.A.P. que toma la presión del múltiple de admisión y es una señal análoga con la señal del sensor TP, también la señal del conmutador de freno CF que cada vez que se pise el pedal de freno da señal a la computadora y este relaciona con el sensor TP, esto permite que si un sensor esta defectuoso el computador compara varias señales como en el caso anterior compara las tres señales TPS, MAP, Y CF y toma una decisión correcta para el funcionamiento de la transmisión figura 3.7.

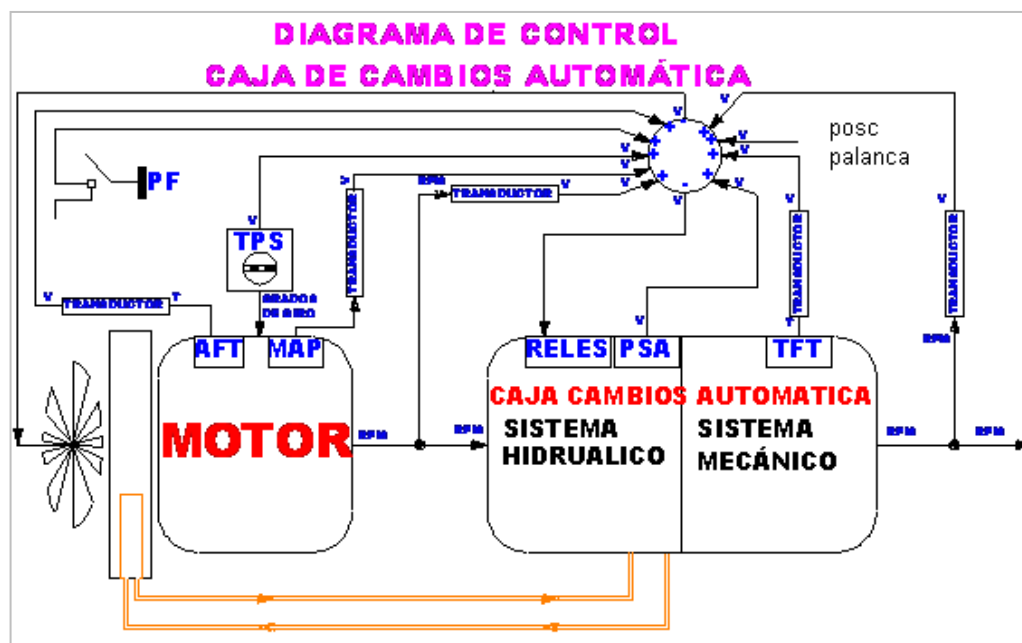


Figura 3.7 Diagrama de control Caja Automática C

En el caso de la maqueta el programa de diseño está en función del diagrama de control de la Figura 3. 7 con los siguientes parámetros:

La señal de temperatura solamente es una señal para visualizar en el computador ya que la temperatura de la caja no está controlada, porque es enfriada directamente por el ventilador de la polea del motor que esta siempre funcionando con el motor de combustión interna.

Las rpm de entrada de la caja y las rpm de salida se utilizaran para el control de los cambios.

La señal de posición de la palanca se utilizara para delimitación de los cambios, es decir, si esta está la palanca en posición en overdrive, entrara el cambio hasta cuarta velocidad, pero si esta en manual 3 el cambio entrara hasta tercera velocidad.

El TPS se utilizara para controlar las rpm del motor según las otras señales.

Los relés de la caja serán activados o desactivados según corresponda, los mismos se indican en los parámetros para la elaboración del software.

3.3. PARAMETROS PARA LA ELAVORACION DEL SOFTWARE

3.3.1 PARÁMETROS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA CAJA AUTOMATICA

La maqueta de la caja de cambios va a funcionar en base a parámetros y valores establecidos en el manual de General Motors Company, la tabla 3.2, nos indica los dos factores principales: rpm de salida de la caja y la carga del motor TP (posición de la mariposa). En la tabla 3.2 nos referimos para un motor de 2.2Lsiendo esta parte de la tabla 3.1.⁵

HYDRA-MATIC 4L60-E SHIFT SPEED CHART											
ENGINE	BODY	AXLE RATIO	1-2 SHIFT RPM			2-3 SHIFT RPM			3-4 SHIFT RPM		
			TPS			TPS			TPS		
2.2L			10	25	50	10	25	50	10	25	50
(LM2)	S	4.10	596	795	1393	1043	1641	2337	1491	2700	3430

ALL SPEEDS ARE GIVEN IN TRANSMISSION OUTPUT SHAFT RPM
SPEEDS ARE BASED ON PERCENT THROTTLE POSITION SENSOR (TPS) DATA

Tabla 3.2 Parámetros para los cambios de marcha. Motor 2,2L

⁵ GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p 450-451

En esta Figura 3.2 el valor del TP nos indica 10%, 25% y 50% de giro de la mariposa, el manual indica que π o 180 grados representa el 100%, pero la mariposa solamente gira $\pi/2$ es decir 90 grados, es por ese motivo que el 50 que indica en la figura 3.2 representa la apertura máxima del TP, el 25 representa 45 grados de giro o $\pi/4$ y el 10 representa 20 grados de giro.

Los parámetros que se van a tomar en cuenta de la figura 3.2 anterior para la elaboración del software esta dado en función de una prueba en el vehículo que posee este tipo de caja, vehículo Mini blazer 2003, al estar el vehículo elevado en un puente elevador las ruedas quedan libres y no va a existir carga de resistencia en las mismas, por lo que al momento de encender el vehículo y luego acelerar a fondo es decir en 50 de la Figura 3.2, las rpm se incrementan y van saltando los cambios hasta el cambio más alto, siendo restringido por la posición de la palanca, si la palanca está colocada en overdrive los cambios van de 1-2, de 2-3 y de 3-4, si la palanca esta en tercera manual los cambios van de 1-2 y de 2-3, etc.

Bajo estas condiciones y los valores de la figura 3.2 establece la siguiente tabla 3.3.

	RPM SALIDA	REALCIONES TRANSMISIÓN	RPM MOTOR
PRIMERA	637	3.06:1.	1950
SEGUNDA	1393	1.62:1.	2257
TERCERA	2337	1:1.	2337
CUARTA	3430	0.7:1.	2401

TPS= 90 grados de giro.

Tabla 3.3 Relaciones de rpm de las marchas A

Los datos de la tabla 3.2, se constituyen de la tabla 3.3, pero los datos de la primera velocidad esta en el manual de General Motors Company de la página 7A-17A- 35, además las relaciones de transmisión son de la página 7A-14A- 9. Con los datos de las dos Ilustraciones anteriores se establece la tabla 3.4

	RPM MOTOR	RPM SALIDA
PRIMERA	1950	637
SEGUNDA	2257	1393
TERCERA	2337	2337
CUARTA	2401	3430

Tabla 3.4 Relaciones de rpm de las marchas B

Con la tabla 3.4 podemos definir el rango de rpm de entrada y salida de la caja para cada una de las velocidades, para park, neutro y reversa se toma el valor a partir de primera como referencia, así se establecen en las tablas, tabla 3.5 y la tabla 3.6.

Entrada de rpm de la caja

REVOLUCIONES DEL MOTOR	
RPM DEL MOTOR	
A PARTIR 1950	PARK
A PARTIR 1950	NEUTRO
A PARTIR 1950	REVERSA
1950 A 2256	PRIMERA
2257 A 2336	SEGUNDA
2237 A 2400	TERCERA
A PARTIR 2401	CUARTA

Tabla 3.5 Rpm del motor

Salida de rpm de la caja

VSS	
RPM salida de la caja	
A PARTIR 637	PARK
A PARTIR 637	NEUTRO
A PARTIR 637	REVERSA
637 A 1392	PRIMERA
1393 A 2336	SEGUNDA
2337 A 3429	TERCERA
A PARTIR 3430	CUARTA

Tabla 3.6 Rpm de salida

La señal de temperatura solamente es una señal para visualizar en el computador, tabla 3.7 y en la figura3.8.⁶

TRANSMISSION SENSOR – TEMPERATURE TO RESISTANCE TO VOLTAGE (approximate)			
°C	°F	RESISTANCE	VOLTS
-40	-40	100544	5
-28	-21	52426	4.78
-16	10	18580	4.18
-4	23	12300	3.84
0	32	9379	3.45
7	40	7270	3.20
19	68	3520	2.56
31	86	2232	1.80
43	110	1200	1.10
55	131	858	3.25
67	145	675	2.88
79	176	333	2.24
91	194	241	1.70
103	213	154	1.28
115	239	115	.96
127	260	79	.64
139	284	60	.32
151	302	47	.00

Tabla 3.7 Valores sensor TFT

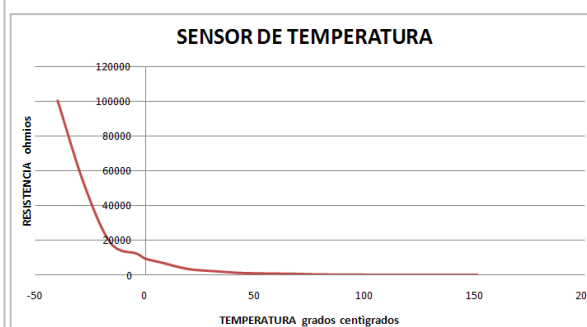


Figura 3.8 Diagrama sensor TFT

⁶ GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p 475

Conmutadores de presión de aceite PSA.

El PSA con los sensores de la posición de la palanca delimitan los cambios de la transmisión y la posición de la marcha, el conexionado de los conmutadores se muestra en la figura 3.9 y el orden de accionamiento en la tabla 3.8.⁷

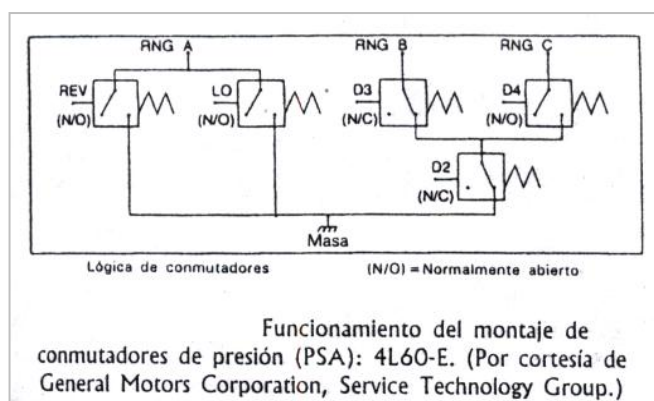


Figura 3.9 Conexión de los Conmutadores de Presión

	PRESIÓN DE ACEITE				
	COM. REV. (INV)	COM. CUAR. (D4)	COM. TER. (D3)	COM. SEG. (D2)	COM. PRI. (LO)
PARK					
REVERSA					
NEUTRO					
CUARTA					
TERCERA					
SEGUNDA					
PRIMERA					
		OVERDRIVE			
		MANUAL THIRD			
		MANUAL SECOND			
		MANUAL FIRST			

Tabla 3.8 Accionamiento de los Conmutadores de Presión

⁷ GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p 476

3.3.2
LA PARTE
LA CAJA⁸:

ACTIVACION DE
MECANICA DE

Tabla 3.9

3.3.3
DE LOS RELÉS

ACTIVACIÓN
DE

Mecánica	RANGO	MARCHA	SOLENOIDES DE DESPLAZAMIENTO		CINTA FRENO 2-4.	EMBRAGUE ENTRADA INVERSA	EMBRAGUE DE SOBRES-ACELERACIÓN	EMBRAGUE DE AVANCE	EMBRAGUE CUÑAS AVANCE	EMBRAGUE 3-4.	EMBRAGUE RODILLOS INVERSA	EMBRAGUE CORTAJ INVERSA
			1-2.	2-3.								
	PARK P		ON	ON								ACCIONADO
	REVERSA R		ON	ON		ACCIONADO						ACCIONADO
	NEUTRO N		ON	ON								
D		1	ON	ON				ACCIONADO	RETIENE		RETIENE	
		2	OFF	ON	ACCIONADO			ACCIONADO	RETIENE			
		3	OFF	OFF				ACCIONADO	RETIENE	ACCIONADO		
		4	ON	OFF	ACCIONADO			ACCIONADO		ACCIONADO		
3		1	ON	ON				ACCIONADO	RETIENE		RETIENE	
		2	OFF	ON	ACCIONADO			ACCIONADO	RETIENE			
		3	OFF	OFF				ACCIONADO	RETIENE	ACCIONADO		
2		1	ON	ON				ACCIONADO	RETIENE		RETIENE	
		2	OFF	ON	ACCIONADO			ACCIONADO	RETIENE			
1		1	ON	ON				ACCIONADO	RETIENE		RETIENE	

Accionamiento de la parte mecánica de la caja

⁸Referencia GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p 491

ACCIONAMIENTO⁹

Tabla 3.10

RANGO	MARCHA	SOLENOIDES DE DESPLAZAMIENTO		TCC	TCC PWM	PRESSURE CONTROL	3-2 CONT
		1-2.	2-3.	SOLENOID N.O.	SOL. N.C.	SOLENOID	SOL N.C.
PARK P		ON	ON	OFF	OFF	ON	OFF
REVERSA R		ON	ON	OFF	OFF	ON	OFF
NEUTRO N		ON	ON	OFF	OFF	ON	OFF
D	1	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF
	2	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON
	3	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON
	4	ON	OFF	ON	ON	ON	ON
3	1	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF
	2	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON
	3	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON
2	1	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF
	2	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON
1	1	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF

Activación de los relés de la caja

⁹ GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p 492

3.3.4 CONECTOR DE LA CAJA:

Los pines del conector de la caja se muestran en la figura 3.10 cada pin se designa con una letra, en la figura 3.11 se indica las conexiones de los relés y los sensores TFT, PSA y la letra designada de cada relé o sensor para el conector.¹⁰

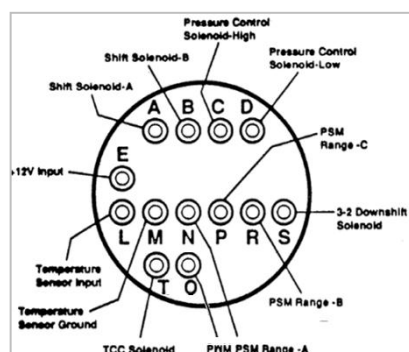


Figura 3.10 Pines del conector de la caja

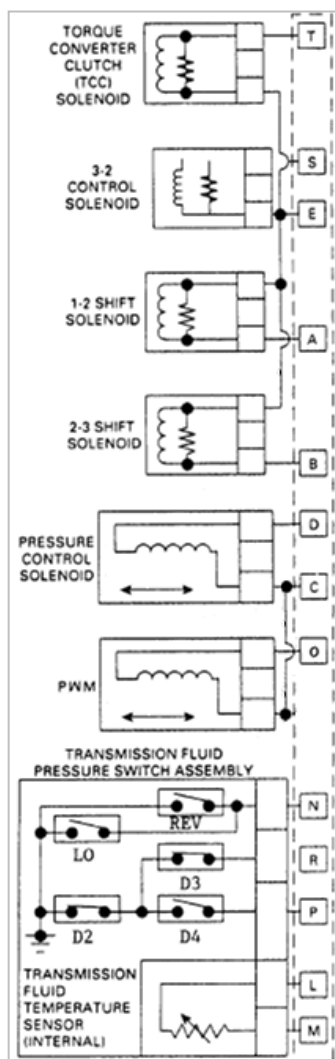


Figura 3.11 Conexión de los relés y sensores TFT, PSA

¹⁰ GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p 495

En la tabla 3.11 se muestra cada pin del conector a que relé o actuador pertenece, además de los valores de voltaje a los que funcionan los respectivos elementos.

TERMINAL	ELEMENTO		
A	1-2 SHIFH SOLENOID (LOW)	0 V	
B	2-3 SOLENOID (LOW)	0 V	
C	PRESSURE CONTROL SOLENOID Y PWM (HIGH)	5 V	
D	PRESSURE CONTROL SOLENOID (LOW)	0 V	
E	BOTH SHIFH SOLENOIDS, TCC SOLENOID, AND 3-2 CONTROL SOLENOID (HIGH)	12 V	
L	TRANSMISSION FLUID TEMPERATURE (HIGH)	5V	
M	TRANSMISSION FLUID TEMPERATURE (LOW)	0 V	
N	RANGE "A"	SEÑAL	0-12V
P	RANGE "C"	SEÑAL	0-12V
R	RANGE "B"	SEÑAL	0-12V
S	3-2 CONTROL SOLENOID (LOW)	0 V	
T	TCC SOLENOID (LOW)	0 V	
O	PWM (LOW)	0V	
LOW → ZERO VOLTS			
HIHG → IGNITION VOLTAGE			

Tabla 3.11 Designación de las letras y valores de voltaje del los elementos.

El relé de presión, los valores de corriente y voltaje para los cambios 1-2, P,R,N es a 0,5 amperios a 2V y para los cambios 3-4, es 1.1 amperios a 5 V. Figura 3.12.¹¹

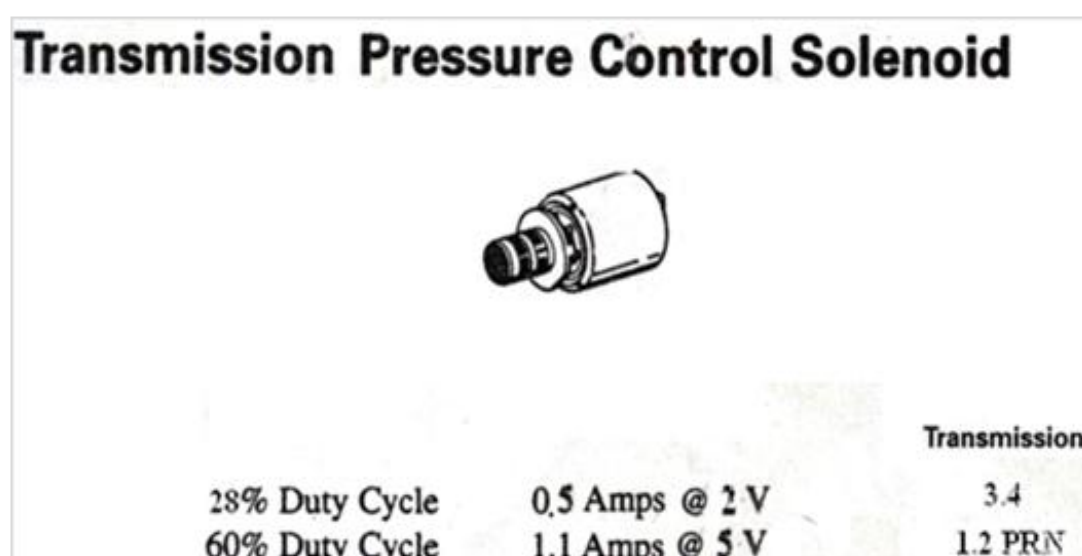


Figura 3.12 Solenoide de presión.

¹¹ GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p 467

3.4 DESARROLLO DE LA PROGRAMACION DEL SOFTWARE.

3.4.1 PROGRAMACIÓN EN LABVIEW

El desarrollo del programa de la transmisión se desarrollo en LABVIEW 8.0, no es más que la programación de lo analizado en la parte anterior de este capítulo, se lo realiza atreves del diseño de una placa electrónica que permite el funcionamiento y la comunicación de la caja de cambios con el computador, figura 3.13.

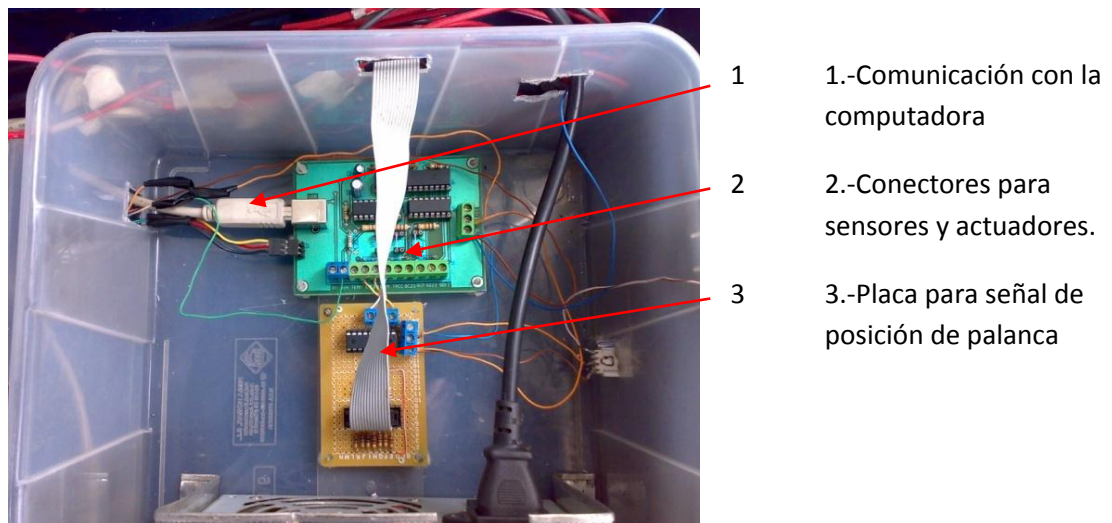


Figura 3.13

3.4.2 SISTEMA BASICO

El sistema básico se muestra en la figura 3.14, el PC proporciona un 64@ para la posición del ángulo de la mariposa y para la activación de los actuadores es decir el cambio, el pic lee los datos rpm de entrada y salida de la caja, temperatura y posición de la palanca, para enviar al PC, el PC realiza el control y se repite el ciclo.

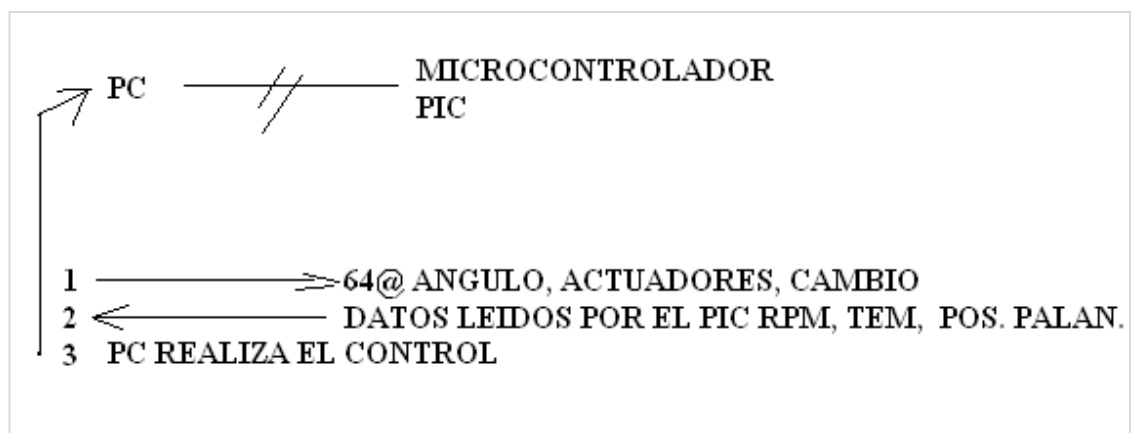


Figura 3.14 Sistema básico de funcionamiento del control del programa

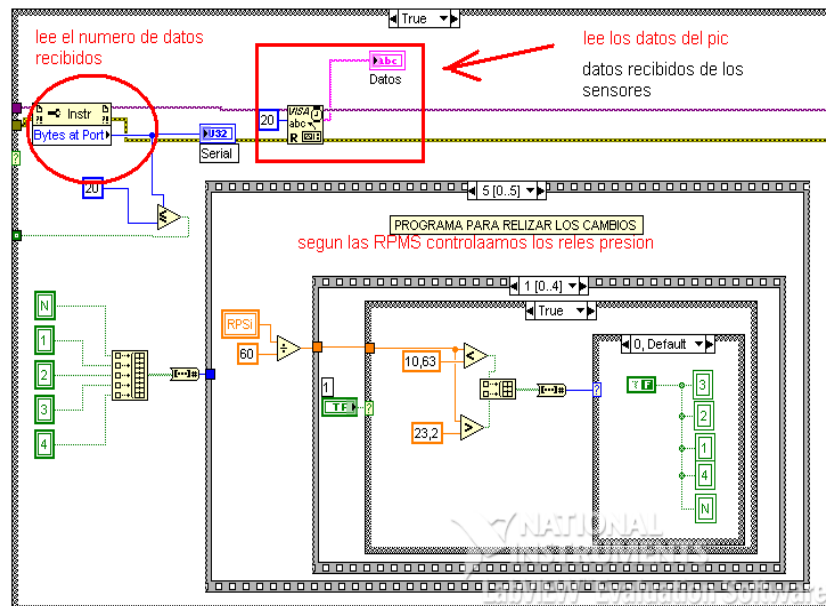


Figura 3.17 Datos recibidos por los sensores

Además requiere una espera necesaria para los datos, es por eso que requiere el siguiente bloque, figura 3.18.

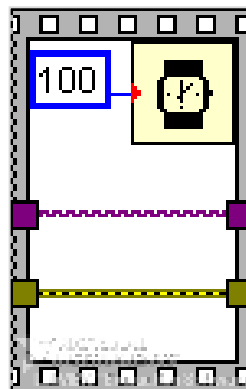


Figura 3.18 Bloque de espera necesaria para procesar los datos

Dentro del bloque hay sub bloques en las que se desarrolla lo siguiente:

Control de los cambios según la posición de la palanca, figura 3.19. Varía los cambios a través de los botones de cambio, unos se activan y otros se desactivan según la posición de la palanca, limitando los cambios así en manual 3 llega hasta tercera marcha, en manual 2 llega hasta segunda marcha y en overdrive va hasta cuarta marcha.



El cuadro indica los dos valores en este caso 10,63 a 23,2 que es el rango de rps (a la entrada de rpsi (revoluciones por minuto d ingreso) esta una transformación de 60 para transformar en rps las rpm) en este caso de ingreso que corresponderán a alguna marcha, de igual forma con las rpm de salida.

Para cada posición de la palanca se presenta un desglose de bloques de control de los cambios según la palanca y según las rpm.

CAPITULO IV

CAPITULO IV

RESULTADOS Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

4.1 INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA TRANSMISIÓN AUTOMÁTICA

Las pruebas en la caja de cambios son fundamentales para verificar como se encuentra operando la transmisión, si está o no funcionando apropiadamente, una verificación visual de los elementos se la pudo realizar desarmando la caja y comprobando los elementos internos como estado de embragues, figura 4.1, las cuales fueron cambiadas, a demás de el filtro y los empaques, los demás elementos como se pueden ver en los anexos están en buenas condiciones.



Figura 4.1 Estado de elementos internos

4.2 EN EL BANCO DIDACTICO DE LA TANSMISION AUTOMATICA THM

En el banco se pudo comprobar si existen fugas de aceite o si en funcionamiento del banco didáctico no presentaba algún inconveniente, como verificación de la estructura, si existe problemas con la adecuación motor –caja figura 4.2, caja –freno figura 4.3 o algún otro inconveniente mecánico como fugas de agua del radiador figura 4.4.



Figura 4.2 Adecuación motor –caja

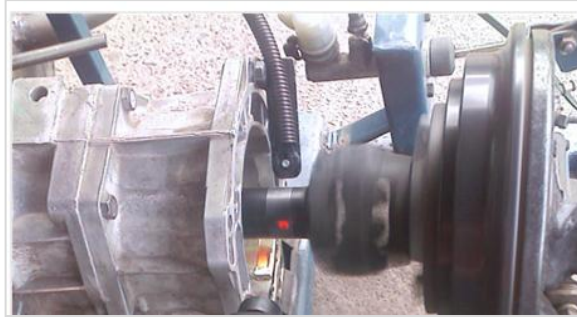


Figura 4.3 Adecuación caja- freno



Figura 4.4 Radiador de refrigeración

4.3 RELACION DE TRANSMISION DE LOS TRENES EPICICLIODALES.

Para comprobar la relación de transmisión que nos da el manual de la General Motors Company figura 4.5, se realizo la verificación atreves de un tacómetro digital figura 4.5 y simplemente midiendo las rpm de entrada y salida, luego a las rpm de entrada medida aplicamos la relación de transmisión dada y con esta verificamos si la medida por el tacómetro a la salida de la caja es igual, figura 4.6.¹

	REALCIONES TRANSMISIÓN
PRIMERA	3.06:1.
SEGUNDA	1.62:1.
TERCERA	1:1.
CUARTA	0.7:1.

Tabla 4.5 Relaciones de transmisión



Figura 4.5 Tacómetro digital

¹ GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p 507

Rpm de entrada (motor)				Rpm de salida- Salida al freno
	2001	/3.06	654	
	2257	/1.62	1393	
	2353	/1	2349	
	2505	/0.7	3571	

Figura 4.6 Prueba de relaciones de transmisión

4.4 EN EL CEREBRO HIDRAULICO

El cerebro hidráulico está en perfectas condiciones figura 4.7, se pudo realizar un análisis de cómo va el líquido por los canales del cerebro en cada una de las marchas, con la ayuda del manual de General Motors Company.



Figura 4.7 Cerebro hidráulico

Significado de los colores de los gráficos explicativos del cerebro hidráulico que están a continuación: (Ilustraciones 4.8 a la 4.17)

Yellow: torque signal

Celestial: solenoid sig.

Tomato: actuator feed

Red: main line

Green: accumulator

Park

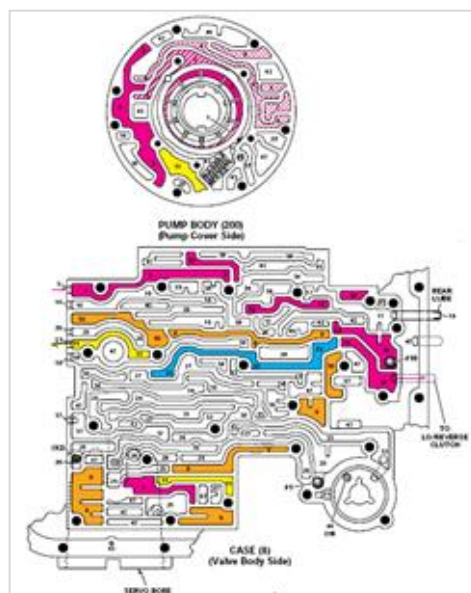


Figura 4.8 Circuito hidráulico de park ²

² GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p APJ 34A.

Reversa

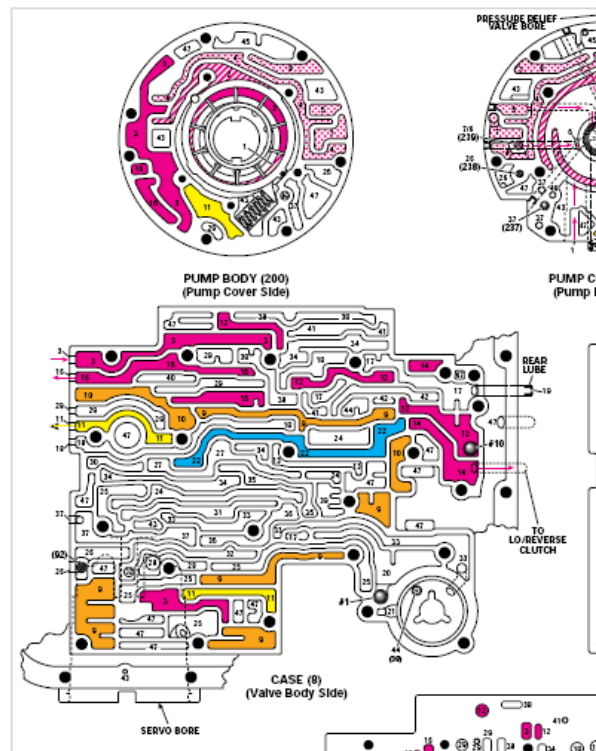


Figura 4.9 Circuito hidráulico de reversa³

Neutral

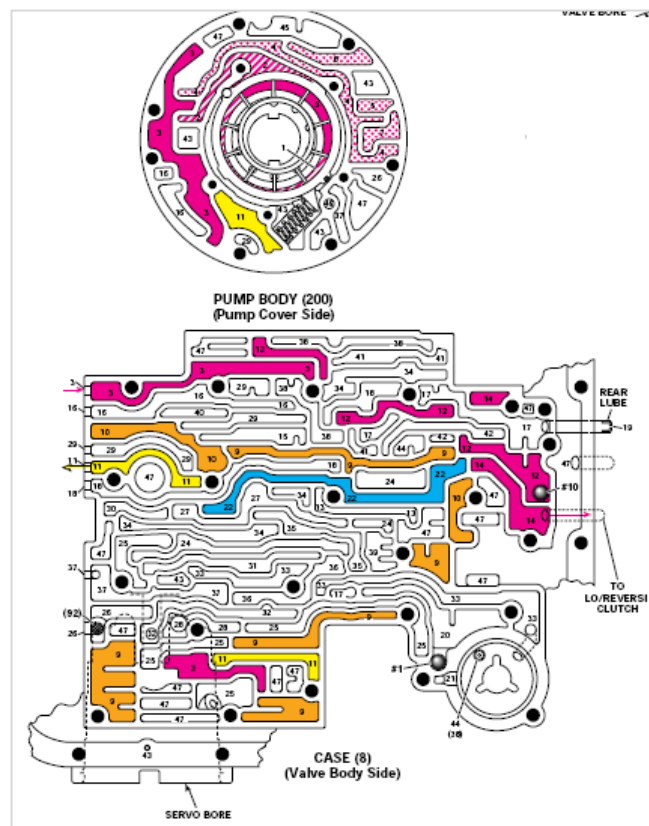


Figura 4.10 Circuito hidráulico de neutro⁴

³ Y ⁴⁷ GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p APJ 37A.

Overdrive 1

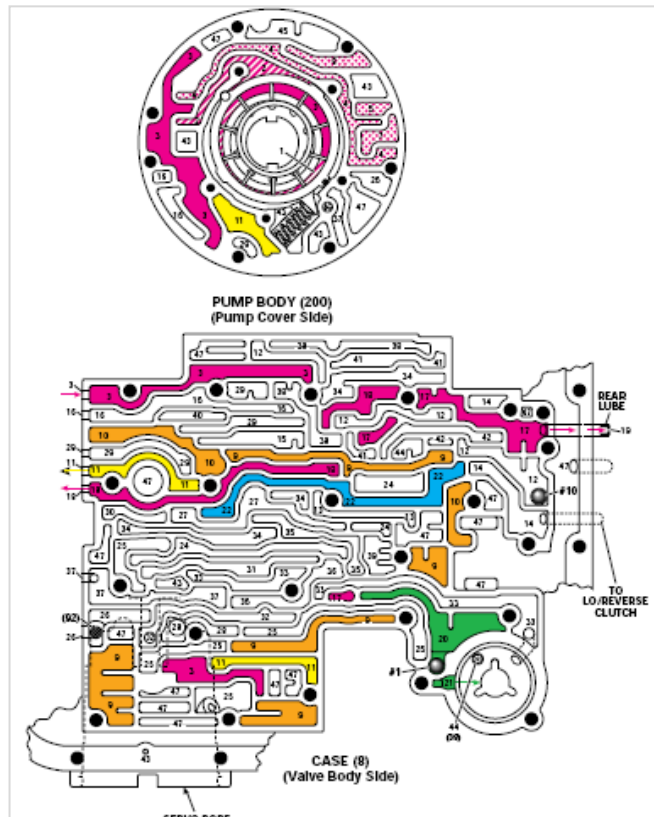


Figura 4.11 Circuito hidráulico overdrive 1 ⁵

Overdrive 2

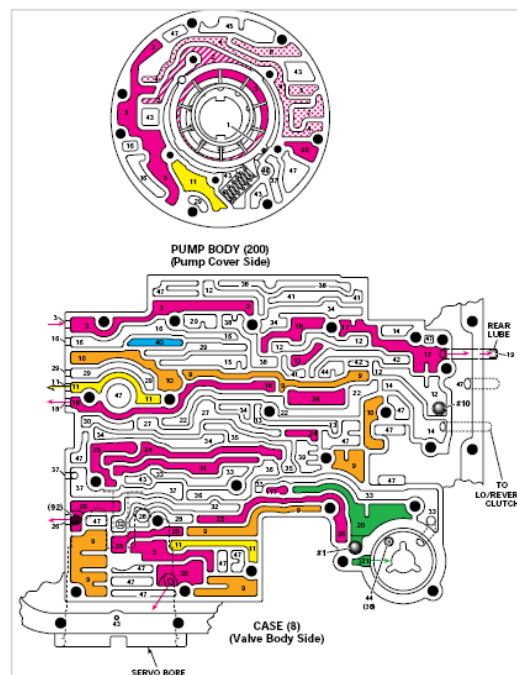


Figura 4.12 Circuito hidráulico overdrive 2 ⁶

⁵ Y ⁴⁹ GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p APJ 38A

Overdrive 3

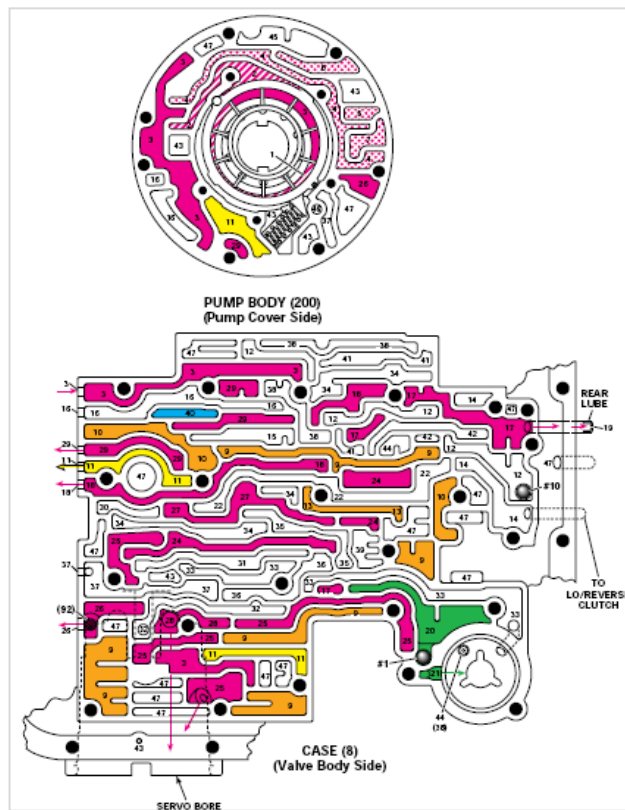


Figura 4.13 Circuito hidráulico overdrive 3 ⁷

Overdrive 4

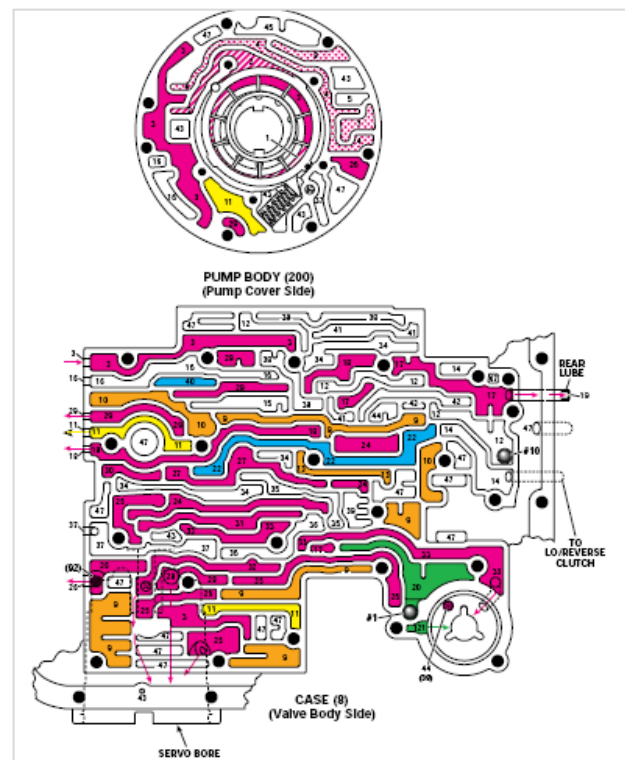


Figura 4.14 Circuito hidráulico overdrive 4 ⁸

⁷ Y ⁵¹ GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p APJ 40A.

Manual 3

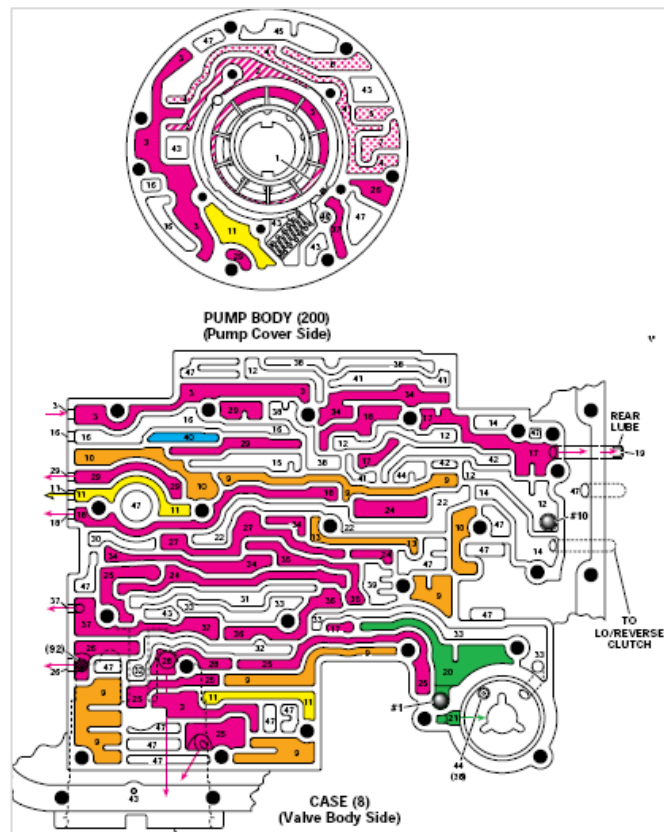


Figura 4.15 Circuito hidráulico manual 3 ⁹

Manual 2

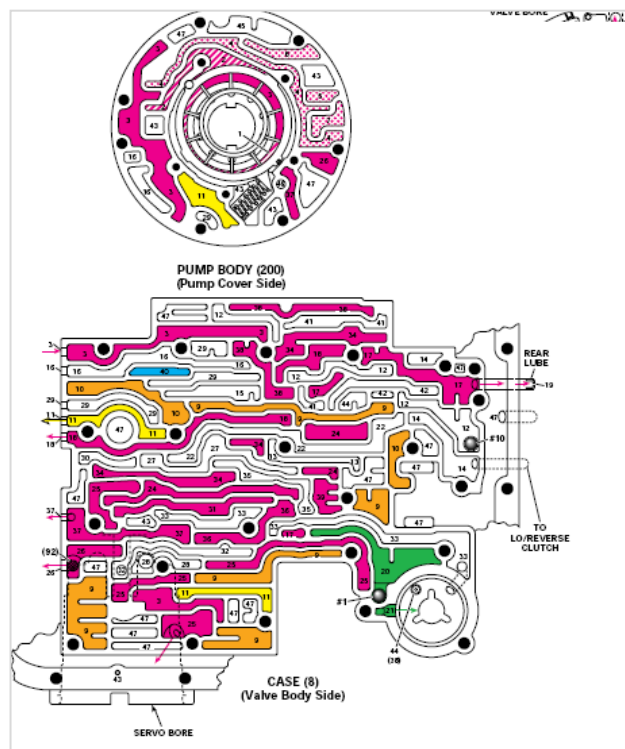


Figura 4.16 Circuito hidráulico manual 2 ¹⁰

⁹ Y ⁵³ GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p APJ 42A.

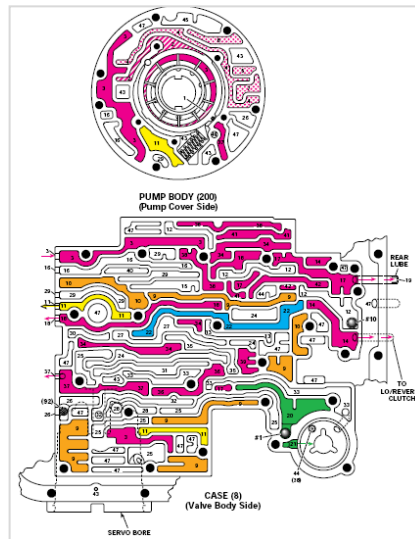


Figura 4.17 Circuito hidráulico manual 1 ¹¹

4.5 EN LOS TABLEROS DE CONTROL Y MANDO.

Se verifica el funcionamiento del programa asiendo la simulación atreves del software Labview figura 4.18, además de verificar si los dos indicadores que hay en el tablero para el control de la temperatura del motor y la carga de la batería están funcionando apropiadamente, la temperatura se mantiene ya que la pluma esta en la mitad el indicador, esto quiere decir que el motor puede funcionar apropiadamente y también se ve en el programa que la temperatura de la caja no supera los 80 grados centígrados, figura 4.19.



Figura 4.18 Verificación mediante programa



Figura 4. 19 Indicadores de temperatura motor, carga

¹¹ GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p APJ 43A

4.6 POSICIONES DE LA PALANCA DE CAMBIOS DE LA CAJA

4.6.1 PRUEBA DE LIMITACIÓN DE CAMBIOS.

La palanca se coloca en la posición 3, la prueba consiste en acelerar y la marcha debe quedar limitada hasta la tercera velocidad, es decir no debe saltar a cuarta, así siga incrementándose las rpm, luego se hace con la posición de la palanca en 2 y debe quedar limitado el cambio hasta la segunda marcha es decir entra solamente primera y segunda marcha, luego se coloca la palanca en la posición 1, lo que indica que solo primera debe estar activado impidiendo que se ingrese cualquier otro cambio, esta prueba resulto satisfactoriamente positiva, figuras: figura 4.20, figura 4.21, figura 4.22).



Figura 4. 20 Palanca
posición 3



Figura 4. 21 Palanca
posición 2



Figura 4. 22 Palanca
posición 1

4.7 PRUEBA DE AHOGO DEL CONVERTIDOR

Para esta prueba la palanca se la debe colocar en cada una de las siguientes posiciones, D, 3, 2, 1, y R; a continuación se procede a aplicar el freno figura 4.23, en cada marcha indicada, inspeccionando que se presente una reducción de las revoluciones en el motor, indicando de esta manera que los elementos de fricción de la transmisión no presentan resbalamiento patinaje, de igual forma esta prueba indica que el convertidor de par se encuentre en buenas condiciones.¹²



Figura 4. 23 Aplicación del freno

¹² Referencia GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p APJ 42B

4.8 VERIFICACION DE LA PRESIÓN

Con la ayuda de un manómetro que se coloca en la toma lateral para la presión, figura 4.24, se puede verificar la presión con la ayuda de la tabla de General Motors Company, tabla 4.6.¹³



Figura 4.24 Colocación del manómetro a la toma de presión de la caja.

PRESIÓN	
	PRESION (PSI)
1.-2.	55-189
3.-4.	55-160
REVERSA	64- 324

Tabla 4.6 Rango de valores de presión para las diversas marchas

Los valores de la prueba fueron los siguientes, tabla 4.7:

MARCHA	PRESION
1	140
2	130
3	75
4	65

Tabla 4.7 Resultado de la prueba de presión

Los valores de presión esta dentro de los rangos permitidos, es decir la prueba es positiva.

¹³ Referencia GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER, 2003, p APJ 45A

CONCLUSION

El análisis teórico que se desarrolla, ayuda a entender tres partes fundamentales de la caja, primero la parte mecánica, es decir su constitución, el funcionamiento de los trenes epicicloidales y elementos imprescindibles como el acumulador que es un elemento que permite amortiguar al pasar de un cambio a otro, la segunda parte es la parte electrónica de la caja como son los diversos sensores y actuadores descritos, además de la forma de cómo opera la transmisión bajo los diversos parámetros como son las rpm y posición de la mariposa de los gases y por último la parte hidráulica, centrado en el cerebro hidráulico que es en donde se dan las diversas líneas de presión necesarias para la activación de los embragues, cintas y acumuladores, por lo que, a través de la sincronización de estas tres partes (mecánica, hidráulica y la electrónica) la caja regula automáticamente su funcionamiento.

La estructura está diseñada según el análisis de las diferentes cargas, los factores de seguridad están adecuados para la misma, ya que se analizó la viga y la columna que están sometidas a mayor esfuerzo, el análisis resultó positivo, por lo que no es necesario el análisis matemático de los demás elementos de la estructura, un buen diseño y construcción permite que la maqueta no presente ningún inconveniente en el futuro.

El programa funciona a través de la posición de la palanca (adaptación de sensores y los PSA), rpm de entrada y salida de la caja bajo parámetros establecidos en tablas del manual de General Motors Company, para activar los relés de la caja, además de tomar en consideración la posición última del servo de la mariposa del carburador.

La verificación es algo sustancial para el desarrollo de la maqueta, ya que la caja automática a más de presentar un diagnóstico positivo sobre algunas comprobaciones que se la realizaron, se puede comprobar que el programa está funcionando apropiadamente, además que el acoplamiento de la caja con el motor, el motor con el freno y con la estructura es adecuada por qué durante el funcionamiento de la maqueta no presenta ruidos extraños en la transmisión.

BIBLIOGRAFIA:

GENERAL MOTORS COMPANY., S.W., Chevrolet, MANUAL DEL VEHICULO BLAZER

F. RUSSELL Johnston, JR, MECANICA DE MATERIALES, Tercera edición G. México, 2003,

H Kindler, MATEMATICA APLICADA PARA LA TECNICA DEL AUTOMOVIL, 2º Edición edición G. México.

www.km77.ec

www.cajas-automaticas.com

www.mundodescargas.com

www.generalmotors.org.

www.conectionsprograms.org.

www.mecanicavirtual.com

www.transpart.com

ANEXOS



Vista exterior de la transmisión armada.



Extracción del cárter de aceite de la transmisión.



Extracción del filtro de aceite de la transmisión



Separación del cerebro hidraulico



Separación de placa del cerebro hidráulico



Cerebro hidráulico separado de la transmisión.

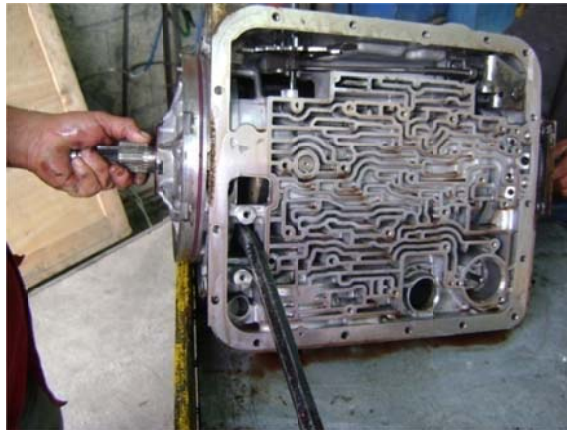


Extracción se cableado de la transmisión



Desensamblaje de la campana de la transmisión





Extracción de la bomba de aceite.



Extracción de la bomba de aceite.



Desensamblaje de la bomba de aceite de la transmisión.



Extracción del tren epicycloide.



Tren epicycloide.



Desensamblaje del tren epicycloide.



Desensamblaje de los discos de fricción del tren epicycloide.



Desensamblaje del tren epicycloide.





Extracción de banda de fricción



Desensamblaje de los discos y banda de fricción del tren epicycloide.



Extracción de banda de fricción.



Banda de fricción



Extracción de tren epicloide.

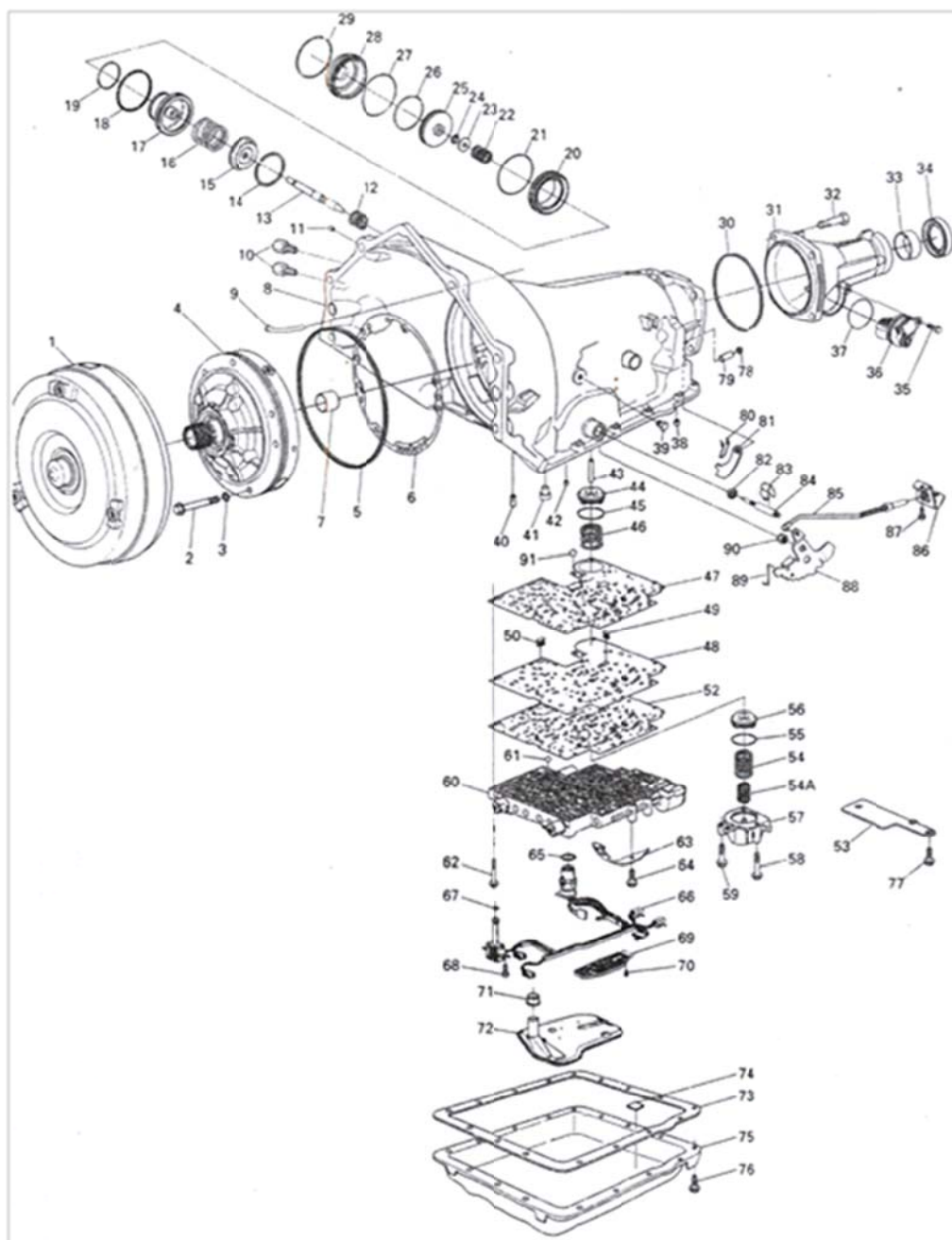


Extracción de porta satélites, satélites junto el tren epicloide

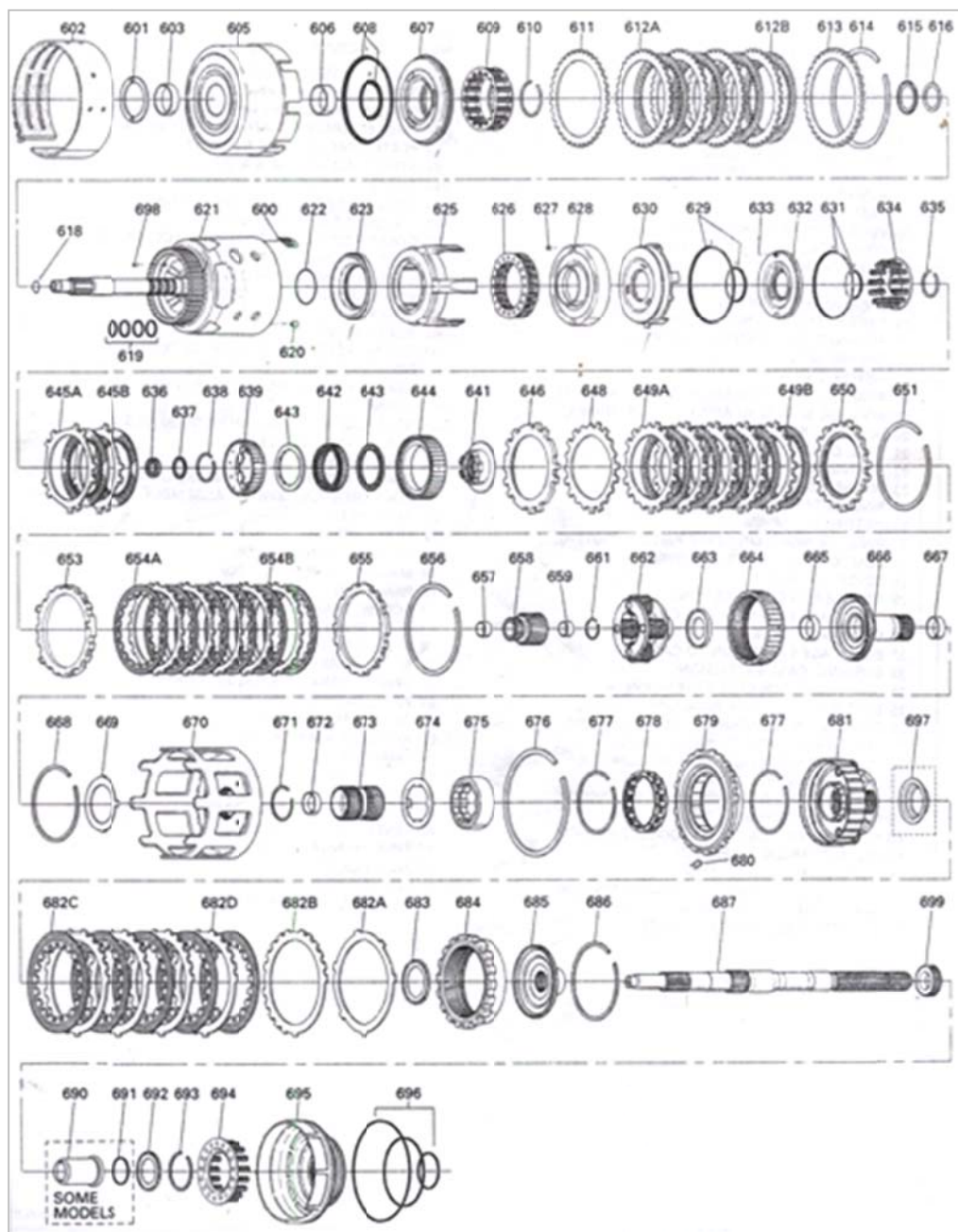


Extracción de carcasa de tren epicycloide





A.-Despiece de la caja 4l60-E



B.-Despiece de la caja 4160-E

INSTALACIÓN DE LABVIEW

Paso 1. La instalación de labview comienza insertando el CD-ROM en el lector correspondiente del ordenador habitual. Con ello, se ejecutará automáticamente el programa autorun de instalación. Si no fuera así, habría que visualizar el contenido del CD-ROM y hacer doble clic sobre el icono del archivo autorun.exe.

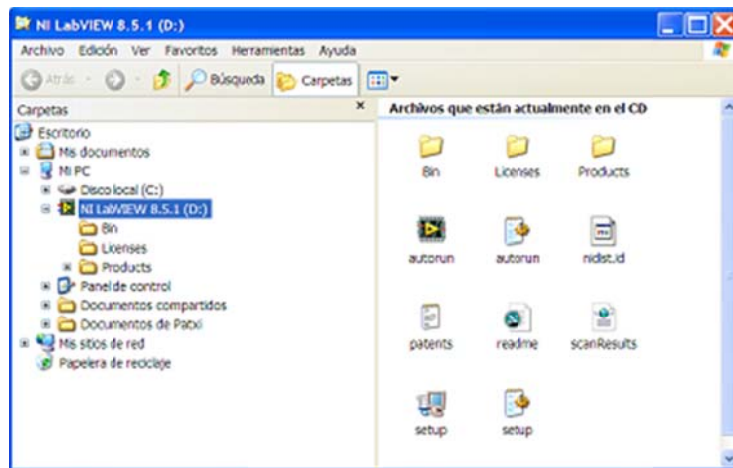


Figura 1: Contenido del CD-ROM de LabVIEW 8.5 Student Edition

Paso 2. A continuación, aparece la ventana inicial de instalación, donde se hace clic sobre Install NI LabVIEW 8.5.1 para que comience la instalación de LabVIEW.



Figura 2: Ventana inicial de instalación

Paso 3. Tras ello aparece la ventana de inicio de instalación, en la que hay que hacer clic sobre Next para que continúe el proceso.



Figura 3

Paso 4. Acto seguido, aparece en pantalla la ventana que solicita los datos del usuario y el número de serie del software (impreso sobre el CD-ROM). Lo lógico es que los datos de usuario coincidan con los del propio ordenador. Se elegirá la opción Install NI LabVIEW 8.5.1 with this serial number y se pulsará con el ratón sobre Next. La otra opción (no es la nuestra), permite hacer una instalación de evaluación, sin que para ello sea necesario introducir el número de serie.

Figura 4: Pantalla de entrada de datos de usuario

Paso 5. La pantalla de figura 5 nos muestra las ubicaciones por defecto sobre disco duro que se crearán para la instalación de LabVIEW. Salvo que se quieran cambiar (utilizando para ello Browse...), se pulsará sobre Next.

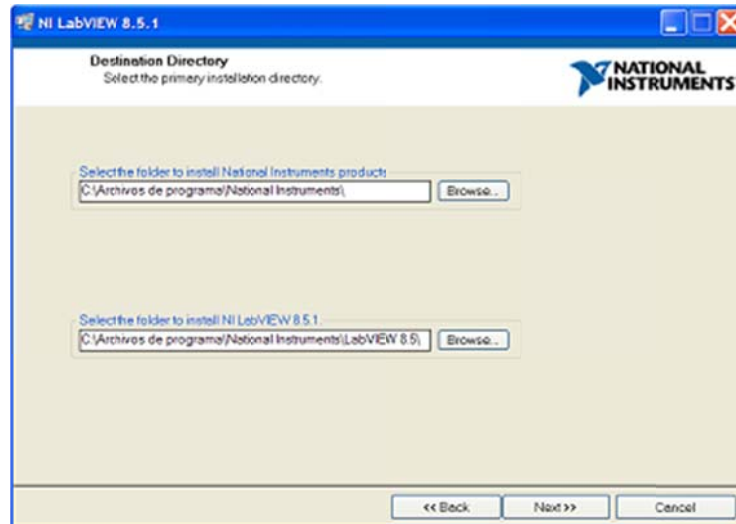


Figura 5

Paso 6. En la ventana que aparece en figura 6, se muestra el software que compone la instalación básica oficial de LabVIEW, donde indica qué cantidad de disco duro necesita la misma. Pulsar sobre Next para continuar.

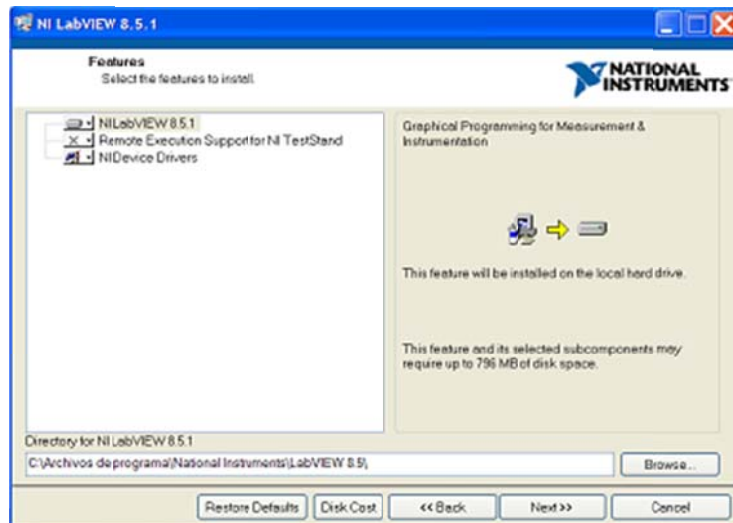


Figura 6

Paso 7. La ventana de figura 7 produce el aviso que recomienda desbloquear el cortafuegos de red detectado, para no tener problemas en la conexión por red con National Instruments durante la activación de la licencia.

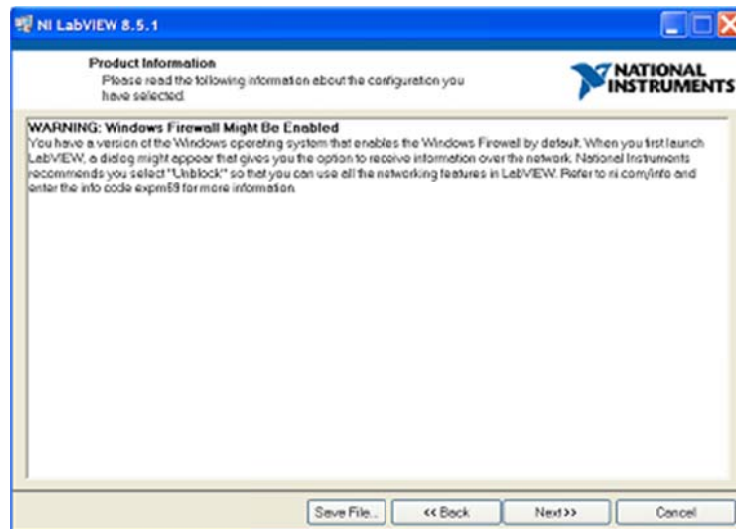


Figura 7

Paso 8. La ventana de figura 8 nos muestra las condiciones del contrato de la licencia de LabVIEW. Es imprescindible estar de acuerdo con estas condiciones para poder continuar con la instalación, para lo cual se selecciona la opción I accept the License agreement(s) y se pulsa sobre Next.

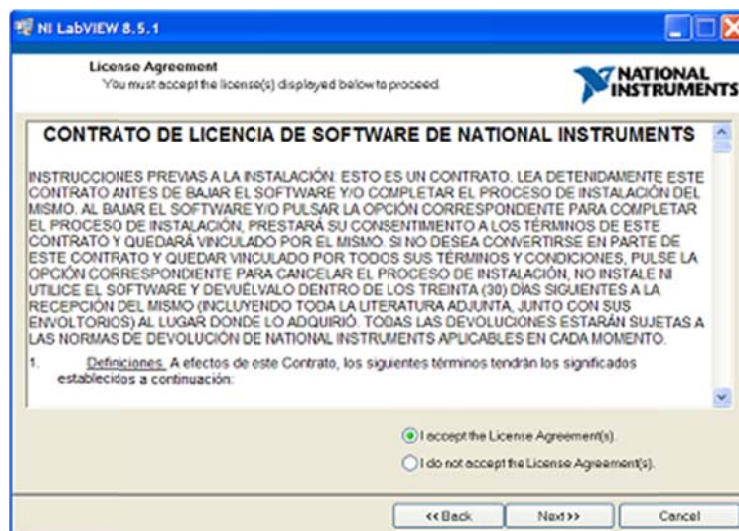


Figura 8

Paso 9. La ventana de figura 9, nos indica que estemos al tanto del proceso de la instalación, ya que durante la misma se nos pedirá la inserción del CD que contiene unos drivers, aunque en nuestro caso no será necesario hacerlo. Pulsando Next, es cuando comienza realmente la instalación de LabVIEW.

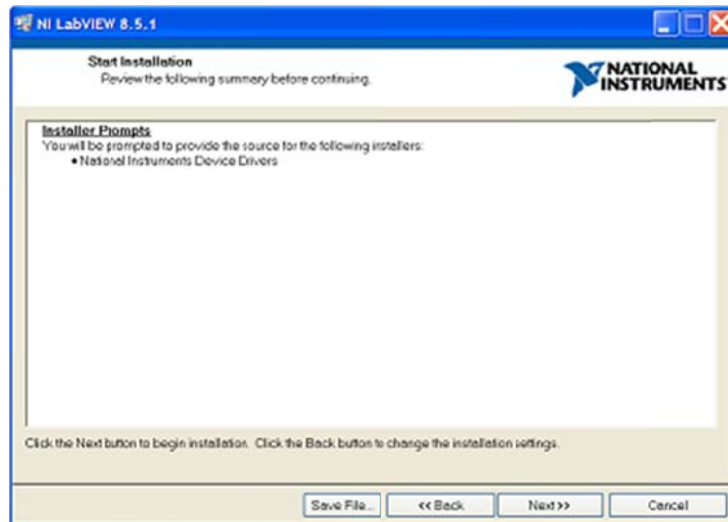


Figura 9

Paso 10. La instalación de LabVIEW muestra el aspecto que muestra la figura 10 y puede tardar entre 30 y 60 minutos.

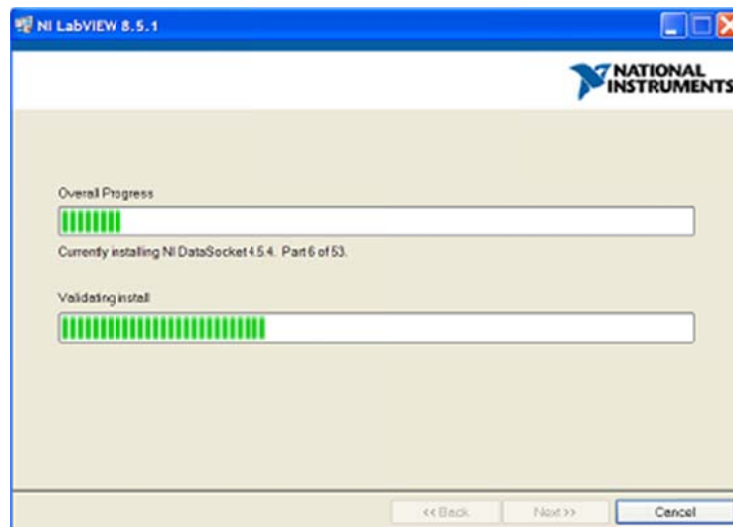


Figura 10

Paso 11. Cuando culmina la instalación, aparece la ventana de finalización de la instalación donde la opción Launch Activation Wizard estará activada (en nuestro caso).

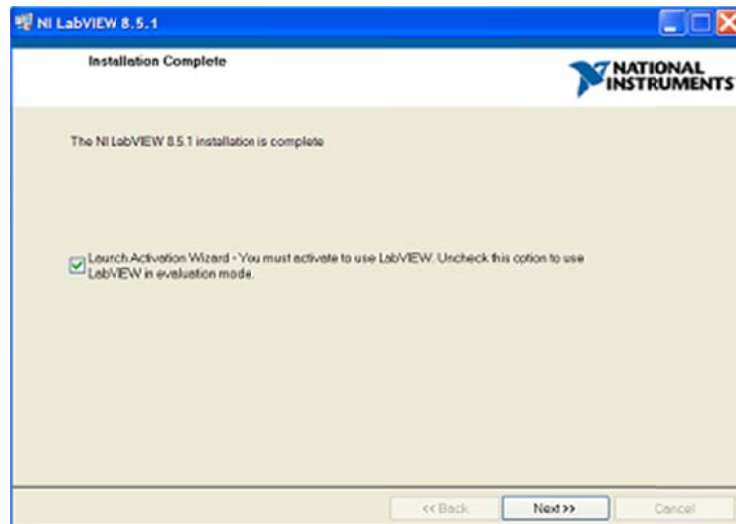


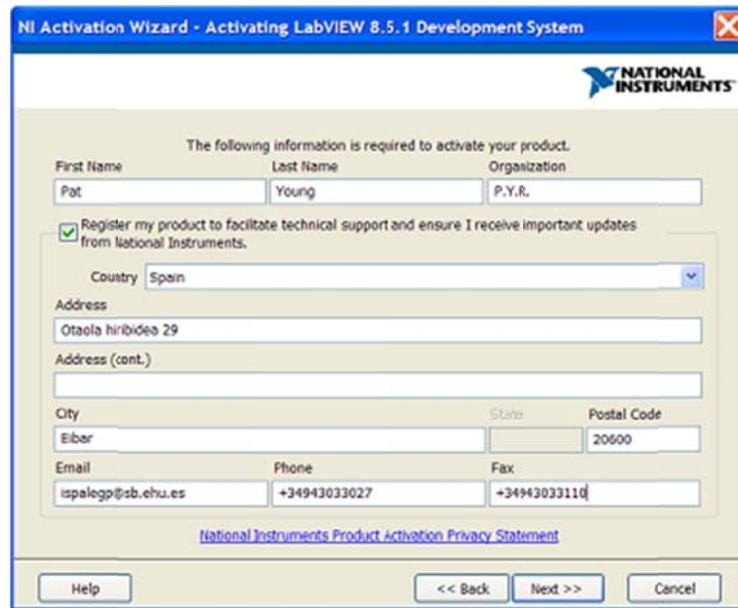
Figura 11

Paso 12. Esta opción permite activar la instalación con licencia por parte de National Instruments, para lo cual se ofrecen tres posibles formas para ponerse en contacto la empresa creadora de LabVIEW. En nuestro caso, la opción elegida es la de internet Automatically activated through a secure internet connection, tal y como se muestra en figura 12, tras lo cual se pulsará Next.



Figura 12

Paso 13. En la ventana de figura 13, hay que introducir los datos de usuario, y pulsar Next.



The screenshot shows the 'NI Activation Wizard - Activating LabVIEW 8.5.1 Development System' window. It contains a form for user registration. The form fields are: First Name (Pot), Last Name (Young), Organization (P.Y.R.), Country (Spain), Address (Otaola hiribidea 29), Address (cont.), City (Eibar), State, Postal Code (20600), Email (ispalego@sb.ehu.es), Phone (+34943033027), and Fax (+34943033110). There is a checkbox for 'Register my product to facilitate technical support and ensure I receive important updates from National Instruments.' which is checked. At the bottom, there are buttons for 'Help', '<< Back', 'Next >>', and 'Cancel'. A link for 'National Instruments Product Activation Privacy Statement' is also present.

Figura 13

Paso 14. A continuación se confirma la solicitud de activación pulsando Next y aparece la ventana de figura 14, donde nos indica que este paso puede llevar unos pocos minutos.



The screenshot shows the 'NI Activation Wizard - Activating LabVIEW 8.5.1 Development System' window in a waiting state. The text says 'Please wait while the Activation Wizard contacts National Instruments.' There is a progress bar and a small icon of a computer. At the bottom, there are buttons for 'Help', '<< Back', 'Next >>', and 'Cancel'. A note at the bottom states: 'Note: This process may take a few minutes. If the Activation Wizard cannot connect to ni.com, you will be able to select an alternate activation method.'

Figura 14

Paso 15. Al finalizar la activación, se podrá ver la ventana de figura 15 donde nos indica que la activación se ha llevado a cabo con éxito, y una dirección de internet donde acudir por si tenemos algún problema. Pulsar Finish.

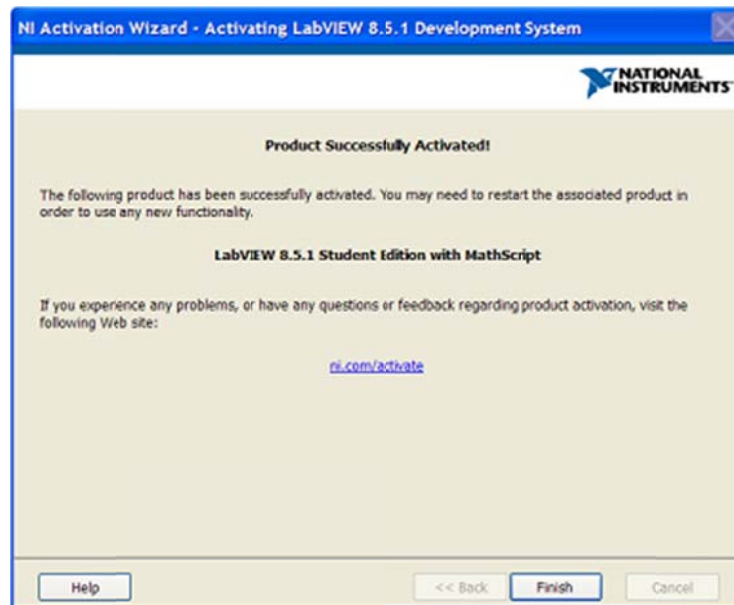


Figura 15

Paso 16. Después de la instalación, se nos pedirá reiniciar el ordenador, para lo cual hay que pulsar sobre Restart, figura 16.

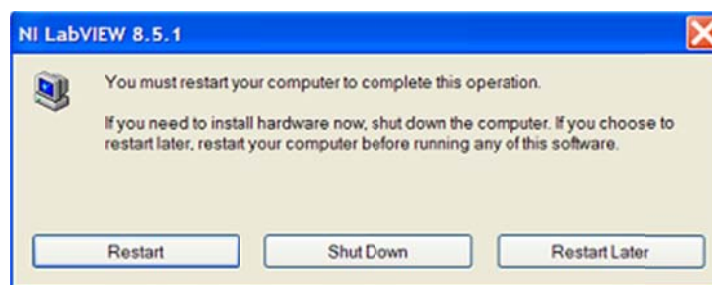


Figura 16

Tras el reinicio del ordenador, en Inicio/Todos los Programas de Windows, podremos comprobar cómo LabVIEW ha sido instalado correctamente.

Si por la razón que sea, se desea desinstalar LabVIEW de nuestro ordenador, hay que seguir los Pasos 1 al 6 del proceso de instalación de este módulo, y en el último, hacer clic sobre el icono de NI LabVIEW 8.5.1 y elegir la opción Remove this feature, pulsando sobre ella, tal y como aparece en figura 17.

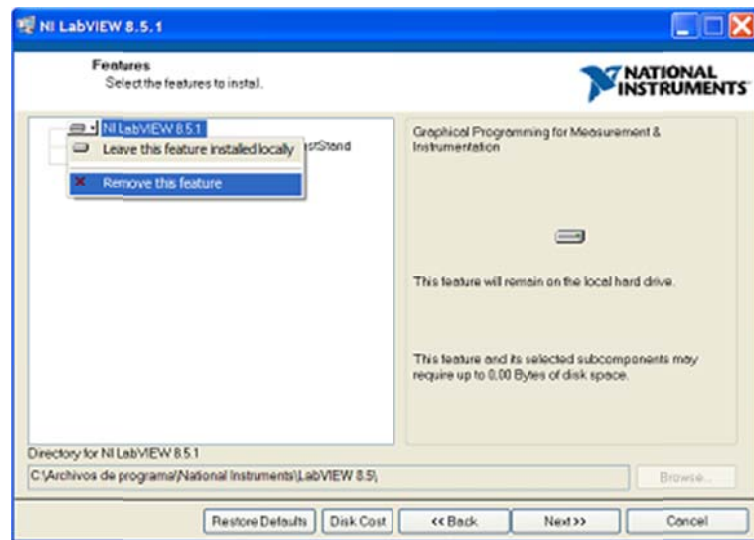


Figura 17

